

Справочник по среднему семейству микроконтроллеров PICmicro™

Раздел 30. Электрические характеристики

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

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contained in this publication regarding device applications and the like is intended through suggestion only and may be superseded by updates.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

30.1 Введение	4
30.2 Абсолютный максимум.....	5
30.3 Таблица выбора микроконтроллеров	6
30.4 Параметры, связанные с напряжением питания микроконтроллера.....	7
30.5 Параметры, связанные с током потребления микроконтроллеров	8
30.6 Пороговые уровни входного напряжения.....	11
30.7 Ток порта ввода/вывода.....	12
30.8 Напряжение выходного драйвера вывода	13
30.9 Емкостная нагрузка ввода/вывода.....	14
30.10 EEPROM память данных, FLASH память программ.....	15
30.11 LCD.....	16
30.12 Компараторы и источник опорного напряжения	17
30.13 Символьное обозначение временных параметров	18
30.14 Пример временных диаграмм и параметров тактового сигнала.....	19
30.15 Пример временных диаграмм и параметров сброса микроконтроллера.....	21
30.16 Пример временных диаграмм и параметров внешнего тактового сигнала для TMR0 и TMR1	22
30.17 Пример временных диаграмм и параметров модуля CCP	23
30.18 Пример временных диаграмм и параметров ведомого параллельного порта	24
30.19 Пример временных диаграмм и параметров модуля SSP и MSSP в режиме SPI	25
30.20 Пример временных диаграмм и параметров модуля SSP в режиме I ² C	29
30.21 Пример временных диаграмм и параметров модуля MSSP в режиме I ² C	31
30.22 Пример временных диаграмм и параметров USART	33
30.23 Пример временных диаграмм и параметров 8 - разрядного АЦП	34
30.24 Пример временных диаграмм и параметров 10 - разрядного АЦП	36
30.25 Пример временных диаграмм и параметров интегрирующего АЦП	38
30.26 Пример временных диаграмм и параметров модуля LCD	40
30.27 Ответы на часто задаваемые вопросы	41
30.28 Дополнительная литература	42

30.1 Введение

Данный раздел предназначен для демонстрации электрических параметров, которые могут быть включены в состав технической документации конкретного микроконтроллера. Этот раздел не предназначен для использования представленных данных. Параметры микроконтроллера Вы должны смотреть в технической документации на соответствующий микроконтроллер. В описании микроконтроллеров и их периферийных модулей даны ссылки на раздел "Электрические характеристики".

Примечание. При начале любого проекта Microchip рекомендует использовать последнюю редакцию документации на микроконтроллер и проверять электрические характеристики, чтобы гарантировать выполнение ваших требований.

В этом разделе будут использоваться обозначения, указанные в таблице 30-1.

Таблица 30-1 Принятые обозначения

Обозначение	Описание
PIC16CXXX	Для микроконтроллеров, проверенных в стандартном диапазоне напряжений питания.
PIC16LCXXX	Для микроконтроллеров, проверенных в расширенном диапазоне напряжений питания.
PIC16FXXX	Для микроконтроллеров, проверенных в стандартном диапазоне напряжений питания.
PIC16LFXXX	Для микроконтроллеров, проверенных в расширенном диапазоне напряжений питания.
PIC16CRXXX	Для микроконтроллеров, проверенных в стандартном диапазоне напряжений питания.
PIC16LCRXXX	Для микроконтроллеров, проверенных в расширенном диапазоне напряжений питания.
PIC16XXXX-04	Для микроконтроллеров, проверенных при тактовой частоте до 4МГц.
PIC16XXXX-08	Для микроконтроллеров, проверенных при тактовой частоте до 8МГц.
PIC16XXXX-10	Для микроконтроллеров, проверенных при тактовой частоте до 10МГц.
PIC16XXXX-20	Для микроконтроллеров, проверенных при тактовой частоте до 20МГц.
LP osc	Для микроконтроллеров, у которых выбран LP режим тактового генератора.
XT osc	Для микроконтроллеров, у которых выбран XT режим тактового генератора.
HS osc	Для микроконтроллеров, у которых выбран HS режим тактового генератора.
RC osc	Для микроконтроллеров, у которых выбран RC режим тактового генератора.
Коммерческий	Для микроконтроллеров с коммерческим температурным диапазоном ($0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +70^{\circ}\text{C}$).
Промышленный	Для микроконтроллеров с промышленным температурным диапазоном ($-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$).
Расширенный	Для микроконтроллеров с расширенным температурным диапазоном ($-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$).

30.2 Абсолютный максимум

Абсолютные максимальные значения определяют наихудшие условия эксплуатации и хранения микроконтроллеров, что не является допустимым рабочим уровнем. Напряжение, выше указанного значения, может привести к повреждению микроконтроллера. Некоторые требования не являются независимыми, они могут быть взаимосвязаны с другими параметрами.

Примером может служить "Максимальный втекающий/вытекающий ток канала ввода/вывода". Число выводов, через которые может одновременно протекать максимальный ток зависит от максимально допустимого тока через выводы V_{DD} и V_{SS} . Физической причиной является ширина шины проводников питания и "земли" портов ввода/вывода и внутренней логики микроконтроллера. Превышение указанных значений может привести к внутреннему обрыву цепи. Превышение абсолютного максимума может привести к снижению надежности микроконтроллера.

Входной ток вывода определен как ток через диод, подключенный к V_{SS}/V_{DD} , если напряжение на выводе выходит за указанные значения.

Максимально допустимые значения (*)

Предельная рабочая температура	от -55°C до +125°C
Температура хранения	от -65°C до +150°C
Напряжение V_{DD} относительно V_{SS}	от -0.3В до +7.5В
Напряжение -MCLR относительно V_{SS}	от 0В до +14В
Напряжение RA4 относительно V_{SS}	от 0В до +8.5В
Напряжение на остальных выводах относительно V_{SS}	от -0.3В до $V_{DD}+0.3В$
Рассеиваемая мощность ⁽¹⁾	1Вт
Максимальный ток вывода V_{SS}	300мА
Максимальный ток вывода V_{DD}	250мА
Входной запирающий ток I_{IK} ($V_I < 0$ или $V_I > V_{DD}$).....	± 20 мА
Выходной запирающий ток I_{OK} ($V_O < 0$ или $V_O > V_{DD}$)	± 20 мА
Максимальный выходной ток стока канала ввода/вывода	25мА
Максимальный выходной ток истока канала ввода/вывода	25мА
Максимальный выходной ток стока портов ввода/вывода PORTA, PORTB и PORTE.....	200мА
Максимальный выходной ток истока портов ввода/вывода PORTA, PORTB и PORTE.....	200мА
Максимальный выходной ток стока портов ввода/вывода PORTC и PORTD.....	200мА
Максимальный выходной ток истока портов ввода/вывода PORTC и PORTD.....	200мА
Максимальный выходной ток стока портов ввода/вывода PORTF и PORTG.....	100мА
Максимальный выходной ток истока портов ввода/вывода PORTF и PORTG.....	100мА

Примечание 1. Потребляемая мощность рассчитывается по формуле:

$$P = V_{DD} \times \{I_{DD} - \sum I_{OH}\} + \sum \{(V_{DD} - V_{OH}) \times I_{OH}\} + \sum (V_{OL} \times I_{OL})$$

Примечание * Выход за указанные значения может привести к необратимым повреждениям микроконтроллера. Не предусмотрена работа микроконтроллера в предельном режиме в течение длительного времени. Длительная эксплуатация микроконтроллера в недопустимых условиях может повлиять на его надежность.

Примечание. Броски напряжения на выводе -MCLR ниже V_{SS} приводят к появлению больших токов (около 80мА), что может привести к срабатыванию защелки. Поэтому рекомендуется последовательно включать резистор сопротивлением от 500Ом до 1000Ом для подачи низкого уровня на этот вывод вместо непосредственного подключения к V_{SS} .

30.3 Таблица выбора микроконтроллеров

В эти таблицы предназначены для определения какие генераторы и параметры микроконтроллеров проверены. Любой режим тактового генератора (из возможных) может быть выбран во время программирования микроконтроллера.

Максимальная тактовая частота микроконтроллера при XT и RC режиме генератора 4МГц, поэтому работа микроконтроллера проверена на частоте до 4МГц.

Микроконтроллеры с максимальной тактовой частотой 10МГц и 20МГц проверяются в HS режиме тактового генератора. В таблице 30-2 значение I_{PD} не точное, поскольку нет точки измерения I_{PD} (оно меняется в зависимости от напряжения питания).

Устройства с питанием от батареек обычно требуют расширенного диапазона напряжений питания микроконтроллеров. Микроконтроллеры с индексом LC имеют расширенный диапазон напряжений питания и проверяются в RC, XT и LP режиме тактового генератора.

Микроконтроллеры с окном для УФ стирания памяти программ проверяются во всех режимах тактового генератора (-04, -20 и LC микроконтроллеры). Температурный диапазон, в котором проверяются микроконтроллеры, должен рассматриваться как реклама. В дальнейшем они могут быть проверены в промышленном и расширенном температурном диапазоне.

Таблица 30-2 Пример параметров микроконтроллеров в различных режимах тактового генератора и тактовой частоты (коммерческий температурный диапазон)

OSC	PIC16CXXX-04	PIC16CXXX-10	PIC16CXXX-20	PIC16LCXXX-04	С окном для УФ стирания
RC	V_{DD} : от 4.0В до 6.0В I_{DD} : макс.5мА@ 5.5В I_{PD} : макс.16мкА@4В F_{REQ} : макс. 4МГц	V_{DD} : от 4.5В до 5.5В I_{DD} : макс.2.7мА@ 5.5В I_{PD} : макс.1.5мкА@4В F_{REQ} : макс. 4МГц	V_{DD} : от 4.5В до 5.5В I_{DD} : макс.2.7мА@ 5.5В I_{PD} : макс.1.5мкА@4В F_{REQ} : макс. 4МГц	V_{DD} : от 2.5В до 6.0В I_{DD} : макс.3.8мА@ 3.0В I_{PD} : макс.5мкА@3В F_{REQ} : макс. 4МГц	V_{DD} : от 2.5В до 6.0В I_{DD} : макс.3.8мА@ 5.5В I_{PD} : макс.16мкА@4В F_{REQ} : макс. 4МГц
XT	V_{DD} : от 4.0В до 6.0В I_{DD} : макс.5мА@ 5.5В I_{PD} : макс.16мкА@4.5В F_{REQ} : макс. 4МГц	V_{DD} : от 4.5В до 5.5В I_{DD} : макс.2.7мА@ 5.5В I_{PD} : макс.1.5мкА@4В F_{REQ} : макс. 4МГц	V_{DD} : от 4.5В до 5.5В I_{DD} : макс.2.7мА@ 5.5В I_{PD} : макс.1.5мкА@4В F_{REQ} : макс. 4МГц	V_{DD} : от 2.5В до 6.0В I_{DD} : макс.3.8мА@ 3.0В I_{PD} : макс.5мкА@3В F_{REQ} : макс. 4МГц	V_{DD} : от 2.5В до 6.0В I_{DD} : макс.3.8мА@ 5.5В I_{PD} : макс.16мкА@4В F_{REQ} : макс. 4МГц
HS	V_{DD} : от 4.5В до 5.5В I_{DD} : макс.13.5мА@ 5.5В I_{PD} : макс.1.5мкА@4В F_{REQ} : макс. 4МГц	V_{DD} : от 4.5В до 5.5В I_{DD} : макс.10мА@ 5.5В I_{PD} : макс.1.5мкА@4.5В F_{REQ} : макс. 10МГц	V_{DD} : от 4.5В до 5.5В I_{DD} : макс.20мА@ 5.5В I_{PD} : макс.1.5мкА@4.5В F_{REQ} : макс. 20МГц	Не рекомендуется использовать в HS режиме генератора	V_{DD} : от 4.5В до 5.5В I_{DD} : макс.20мА@ 5.5В I_{PD} : макс.1.5мкА@4.5В F_{REQ} : макс. 20МГц
LP	V_{DD} : от 4.0В до 6.0В I_{DD} : макс.52.5мкА@ 32кГц, 4.0В I_{PD} : макс.0.9мкА@4В F_{REQ} : макс. 200кГц	Не рекомендуется использовать в LP режиме генератора	Не рекомендуется использовать в LP режиме генератора	V_{DD} : от 2.5В до 6.0В I_{DD} : макс.48мкА@ 32кГц, 3.0В I_{PD} : макс.5мкА@3В F_{REQ} : макс. 200кГц	V_{DD} : от 2.5В до 6.0В I_{DD} : макс.48мкА@ 32кГц, 3.0В I_{PD} : макс.5мкА@3В F_{REQ} : макс. 200кГц

В затененный ячейках показаны режимы, в которых проверена работа микроконтроллера, но не в мин./макс. значения. Не рекомендуется выбирать эти режимы работы микроконтроллера.

Примечание. Микроконтроллеры, отмеченные знаком ENG SMP (Engineering Sample), протестированы по определенной программе заводских испытаний. Не гарантируется, что отдельно взятый микроконтроллер был протестирован по всем параметрам, указанным в технической документации.

30.4 Параметры, связанные с напряжением питания микроконтроллера

Эти параметры относятся к напряжению питания и включению микроконтроллера

Напряжение питания - уровень напряжений, при котором микроконтроллер нормально работает.

Напряжение сохранения данных в ОЗУ - напряжение, при котором не происходит разрушение информации в памяти данных микроконтроллера.

Начальное напряжение V_{DD} - уровень напряжения, начиная с которого происходит повышение напряжения питания до номинального уровня для гарантированной работы схемы сброса по включению питания POR.

Скорость нарастания напряжения V_{DD} - минимальная скорость нарастания напряжения при включении питания для гарантированной работы схемы сброса по включению питания POR.

Напряжение сброса по снижению напряжения питания - диапазон напряжений питания, в котором может произойти сброс по снижению напряжения питания. Когда напряжение питания попадает в этот диапазон, микроконтроллер может находиться в состоянии сброса или только что выйти из него.

Таблица 30-3 Пример параметров по постоянному току

Характеристики по постоянному току		Стандартные рабочие условия (если не указано иное)					
		Температурный диапазон: Коммерческий $0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +70^{\circ}\text{C}$ Промышленный $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ Расширенный $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$					
№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание
D001	V_{DD}	Напряжение питания					
		PIC16CXXX	4.0	-	6.0	B	LP, XT, RC режим генератора
		PIC16LCXXX	2.5	-	6.0	B	
D001A		PIC16CXXX	4.5		5.5	B	HS режим генератора
D002	V_{DR}	Напряжение сохранения данных в ОЗУ ⁽¹⁾	1.5	-	-	B	
D003	V_{POR}	Стартовое напряжение V_{DD} для формирования POR	-	V_{SS}	-	B	Смотрите раздел "сброс POR"
D004	S_{VDD}	Скорость нарастания V_{DD} для формирования POR	0.05	-	-	B/мс	Смотрите раздел "сброс POR"
D005 D005A	V_{BOR}	Напряжение детектора BOR	3.7	4.0	4.3	B	Бит BODEN = 0 Расширенный темп. диапазон
			3.7	4.0	4.4	B	

** - В столбце "Тип." приведены параметры при $V_{DD}=5.0\text{V}$ @ 25°C , если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

Примечание 1. Предел, до которого может быть понижено напряжение питания V_{DD} без потери данных в ОЗУ.

30.5 Параметры, связанные с током потребления микроконтроллеров

I_{DD} - ток потребления микроконтроллера в нормальном режиме работы. Измерения проводились, когда все порты ввода/вывода настроены как входы и имеют низкий или высокий логический уровень (нет выводов с неопределенным уровнем и выводов с подключенной нагрузкой).

I_{PD} - ток потребления микроконтроллера в SLEEP режиме микроконтроллера. Измерения проводились, когда все порты ввода/вывода настроены как входы и имеют низкий или высокий логический уровень (нет выводов с неопределенным уровнем и выводов с подключенной нагрузкой).

Микроконтроллер может иметь дополнительные особенности и периферийные модули, которые могут работать в SLEEP режиме микроконтроллера:

- Сторожевой таймер WDT;
- Схема сброса по снижению напряжения питания;
- Таймер TMR1;
- АЦП;
- Модуль LCD;
- Компараторы;
- Источник опорного напряжения.

Когда все эти модули выключены, микроконтроллер потребляет наименьший ток (ток утечки). Если любой из этих модулей включен, то потребление в SLEEP режиме значительно увеличится. Разница между минимально возможным током потребления и током потребления с включенным одним из перечисленных модулей (например WDT) называется дифференциальным током потребления модуля. Если включено несколько дополнительных модулей, то суммарный ток потребления может быть легко вычислен: основной ток потребления (ток потребления в SLEEP режиме, когда все модули выключены) плюс дифференциальный ток потребления каждого включенного периферийного модуля.

В примере 30-1 показано вычисление тока потребления микроконтроллера в SLEEP режиме с включенным WDT и TMR1 (внутренний генератор TMR1) при напряжении питания 5В.

Пример 30-1 Вычисление I_{PD} при напряжении питания 5В (включен WDT и TMR1 с внутренним генератором)

Основной ток	14нА	; Ток утечки микроконтроллера
Ток потребления WDT	14мкА	; 14мкА - 14нА = 14мкА
<u>Ток потребления TMR1</u>	<u>22мкА</u>	; 22мкА - 14нА = 22мкА
Суммарный ток потребления	36мкА	;

Таблица 30-4 Пример параметров по постоянному току

Характеристики по постоянному току		Стандартные рабочие условия (если не указано иное)					
		Температурный диапазон: Коммерческий 0°C ≤ T _A ≤ +70°C Промышленный -40°C ≤ T _A ≤ +85°C Расширенный -40°C ≤ T _A ≤ +125°C					
№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание
	I _{DD}	Ток потребления ^(2, 4, 5)					
D010			-	2.7	5	мА	ХТ, RC режим генератора (PIC16CXXX-04) F _{OSC} = 4МГц, V _{DD} =5.5В F _{OSC} = 4МГц, V _{DD} =3.0В LP режим генератора F _{OSC} = 32кГц, V _{DD} =3.0В, WDT выключен INTRC режим генератора F _{OSC} = 4МГц, V _{DD} =5.5В HS режим генератора (PIC16CXXX-20) F _{OSC} = 20МГц, V _{DD} =5.5В
D010A			-	2.0	3.8	мА	
D010C			-	22.5	48	мкА	
D013			-	2.7	5	мА	
D013			-	13.5	30	мА	
	I _{PD}	Ток потребления в SLEEP режиме ^(3,5)					
D020			-	10.5	42	мкА	V _{DD} =4.0В, WDT включен, от -40°C до +85°C V _{DD} =3.0В, WDT включен, от -40°C до +85°C
D020			-	7.5	30	мкА	
D021			-	1.5	21	мкА	V _{DD} =4.0В, WDT выключен, от -0°C до +70°C V _{DD} =3.0В, WDT выключен, от 0°C до +70°C
D021			-	0.9	13.5	мкА	
D021A			-	1.5	24	мкА	V _{DD} =4.0В, WDT выключен, от -40°C до +85°C V _{DD} =3.0В, WDT выключен, от -40°C до +85°C
D021A			-	0.9	18	мкА	
D021B			-	1.5	-	мкА	V _{DD} =4.0В, WDT выключен, от -40°C до +125°C

** - В столбце "Тип." приведены параметры при V_{DD}=5.0В @ 25°C, если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

Примечания:

1. Не относится к данной таблице.
2. Ток потребления в основном зависит от напряжения питания и тактовой частоты. Другие факторы, влияющие на ток потребления: выходная нагрузка и частота переключения каналов ввода/вывода; тип тактового генератора; температура и выполняемая программа. Измерения I_{DD} проводилось в следующих условиях: внешний тактовый сигнал (меандр); каналы портов ввода/вывода в третьем состоянии и подтянуты к V_{DD}; -MCLR = V_{DD}; WDT выключен/выключен, указано в спецификации.
3. Потребляемый ток в SLEEP режиме не зависит от типа тактового генератора. При измерении тока все каналы портов ввода/вывода в третьем состоянии и подтянуты к V_{DD} или V_{SS}.
4. В RC режиме генератора ток через внешний резистор не учитывается. Ток, протекающий через внешний резистор, может быть рассчитан по формуле: I_g = V_{DD}/2R_{EXT} (мА), где R_{EXT} в кОм.
5. Генератор TMR1 дополнительно потребляет 20мкА (если включен). Этот параметр используется при разработке устройств, но не тестируется.

Таблица 30-5 Пример параметров по постоянному току

Характеристики по постоянному току		Стандартные рабочие условия (если не указано иное) Температурный диапазон: Коммерческий $0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +70^{\circ}\text{C}$ Промышленный $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ Расширенный $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$					
№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание
Дифференциальный ток потребления периферийных модулей							
D022	ΔI_{WDT}	Сторожевой таймер	-	6.0	20	мкА	$V_{DD} = 4.0\text{В}$
D022A	ΔI_{BOR}	Схема сброса по снижению напряжения питания	-	350	425	мкА	от -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$ $BODEN = 0, V_{DD} = 5.0\text{В}$
D023	ΔI_{COMP}	Компаратор	-	85	100	мкА	$V_{DD} = 4.0\text{В}$
D023A	ΔI_{REF}	Источник опорного напряжения	-	94	300	мкА	$V_{DD} = 4.0\text{В}$
D024	ΔI_{LCDRC}	Внутренний RC генератор LCD	-	6.0	20	мкА	$V_{DD} = 3.0\text{В}$
D024A	ΔI_{LCDVG}	Генератор напряжения LCD	-	TBD	TBD	мкА	$V_{DD} = 3.0\text{В}$
D025	ΔI_{T1OSC}	Генератор TMR1	-	3.1	6.5	мкА	$V_{DD} = 3.0\text{В}$
D026	ΔI_{AD}	АЦП	-	1.0	-	мкА	АЦП включено, но преобразование не выполняется
D027	ΔI_{SAD}	Интегрирующее АЦП (общее)	-	165*	250*	мкА	REFOFF = 0
D027A	ΔI_{SADVR}	Интегрирующее АЦП Опорное напряжение	-	20*	30*	мкА	REFOFF = 0
D027B	$\Delta I_{SADC DAC}$	Интегрирующее АЦП Источник тока	-	50*	70*	мкА	ADCON1<7:4> = 1111b
D027C	$\Delta I_{SADSREF}$	Интегрирующее АЦП Делитель опорного напряжения	-	55*	85*	мкА	ADOFF = 0
D027D	ΔI_{SADCMP}	Интегрирующее АЦП Компаратор	-	40*	65*	мкА	ADOFF = 0

** - В столбце "Тип." приведены параметры при $V_{DD}=5.0\text{В}$ @ 25°C , если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

30.6 Пороговые уровни входного напряжения

Входное напряжение низкого уровня (V_{IL}) - уровень напряжения, который будет читаться как '0'. Если напряжение на выводе выше указанного значения, то состояние вывода не будет читаться как '0'. Во всех проектах требуется учитывать это напряжение для каждой микросхемы, чтобы гарантировать выполнение данного требования.

Входное напряжение высокого уровня (V_{IH}) - уровень напряжения, который будет читаться как '1'. Если напряжение на выводе ниже указанного значения, то состояние вывода не будет читаться как '1'. Во всех проектах требуется учитывать это напряжение для каждой микросхемы, чтобы гарантировать выполнение данного требования.

Выводы с входным буфером ТТЛ имеют два типа параметров: в соответствии с промышленным стандартом ТТЛ при напряжении питания от 4.5В до 5.5В; параметры для всего диапазона напряжения питания. В проекте может использоваться лучший тип параметров.

Таблица 30-6 Пример параметров по постоянному току

Характеристики по постоянному току		Стандартные рабочие условия (если не указано иное)					
		Температурный диапазон: Коммерческий $0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +70^{\circ}\text{C}$					
		Промышленный $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$					
		Расширенный $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$					
		Параметры напряжения питания смотрите в таблице 30-3.					
№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание
	V_{IL}	Входное напряжение низкого уровня					
D030		Канал порта ввода/вывода	V_{SS}	-	0.8	В	V_{DD} = от 4.5В до 5.5В ⁽⁴⁾ Иначе ⁽⁴⁾ Весь диапазон V_{DD}
D030A		ТТЛ буфер	V_{SS}	-	$0.15V_{DD}$	В	
D031		Триггер Шмидта	V_{SS}	-	$0.2V_{DD}$	В	
D032		-MCLR, OSC1 (RC) ⁽¹⁾	V_{SS}	-	$0.2V_{DD}$	В	
D033		OSC1 (XT, HS, LP)	V_{SS}	-	$0.3V_{DD}$	В	
	V_{IH}	Входное напряжение высокого уровня					
D040		Канал порта ввода/вывода	2.0	-	V_{DD}	В	V_{DD} = от 4.5В до 5.5В ⁽⁴⁾ Иначе ⁽⁴⁾ Весь диапазон V_{DD}
D040A		ТТЛ буфер	$0.25V_{DD}+0.8$	-	V_{DD}	В	
D041		Триггер Шмидта	$0.8V_{DD}$	-	V_{DD}	В	
D042		-MCLR	$0.8V_{DD}$	-	V_{DD}	В	
D042A		OSC1 (XT, HS, LP)	$0.7V_{DD}$	-	V_{DD}	В	
D043		OSC1 (RC) ⁽¹⁾	$0.9V_{DD}$	-	V_{DD}	В	
D050	V_{HYS}	Гистерезис входа триггера Шмидта	TBD	-	-	В	

** - В столбце "Тип." приведены параметры при $V_{DD}=5.0\text{В}$ @ 25C, если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

Примечания:

1. В RC режиме генератора на входе OSC1 включен триггер Шмидта. Не рекомендуется использовать внешний тактовый сигнал в RC режиме тактового генератора.
2. Не относится к данной таблице.
3. Не относится к данной таблице.
4. Может использоваться лучшее из двух значений. Для V_{IL} - более высокое значение, для V_{IH} - более низкое.

30.7 Ток порта ввода/вывода

Ток подтягивающего резистора PORT/GPIO - дополнительный потребляемый ток при включенных подтягивающих резисторах.

Ток утечки - паразитный ток, связанный со схмотехнической реализацией вывода. В идеале не должно быть никаких токов утечки.

Таблица 30-7 Пример параметров по постоянному току

Характеристики по постоянному току		Стандартные рабочие условия (если не указано иное)					
		Температурный диапазон: Коммерческий $0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +70^{\circ}\text{C}$					
		Промышленный $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$					
		Расширенный $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$					
		Параметры напряжения питания смотрите в таблице 30-3.					
№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание
	I_{IL}	Входной ток утечки ^(2,3)					
D060		Порт ввода/вывода	-	-	± 1	мкА	$V_{SS} \leq V_{PIN} \leq V_{DD}$, 3-е сост.
D060A		CDAC	-	-	± 1	мкА	$V_{SS} \leq V_{PIN} \leq V_{DD}$, 3-е сост.
D061		-MCLR, RA4/T0CKI	-	-	± 5	мкА	$V_{SS} \leq V_{PIN} \leq V_{DD}$
D063		OSC1	-	-	± 5	мкА	$V_{SS} \leq V_{PIN} \leq V_{DD}$, XT, HS, LP
		Ток через подтягивающие резисторы					
D070		PORTB	50	250	400	мкА	$V_{DD} = 5.0\text{В}$, $V_{PIN} = V_{SS}$
D070A		GPIO	50	250	400	мкА	$V_{DD} = 5.0\text{В}$, $V_{PIN} = V_{SS}$
		Программируемый источник тока (интегрирующее АЦП)					Вывод CDAC = 0В
D160		Выходной ток	18.75	33.75	48.75	мкА	ADCON1<7:4> = 1111b полная шкала
D160A			1.25	2.25	3.25	мкА	ADCON1<7:4> = 0001b (1 Lsb)
D160B			-0.5	0	0.5	мкА	ADCON1<7:4> = 0000b (нуль шкалы)

** - В столбце "Тип." приведены параметры при $V_{DD}=5.0\text{В}$ @ 25C, если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

Примечания:

1. В RC режиме генератора на входе OSC1 включен триггер Шмидта. Не рекомендуется использовать внешний тактовый сигнал в RC режиме тактового генератора.
2. Ток утечки на выводе -MCLR зависит от приложенного напряжения. Параметры указаны для нормального режима работы. В других режимах может возникнуть больший ток утечки.
3. Отрицательный ток показывает, что он вытекает из вывода.

30.8 Напряжение выходного драйвера вывода

Выходное напряжение низкого уровня (V_{OL}) - это напряжение зависит от внешних цепей, подключенных к выводу. Если вывод соединить с V_{DD} , то на выводе порта никогда не будет достигнуто напряжение низкого уровня независимо от нагрузочной способности выходного буфера (ток потребления значительно возрастет). V_{OL} - напряжение низкого уровня на выводе порта при условии, что ток вывода не превышает I_{OL} .

Выходное напряжение высокого уровня (V_{OH}) - это напряжение зависит от внешних цепей, подключенных к выводу. Если вывод соединить с V_{SS} , то на выводе порта никогда не будет достигнуто напряжение высокого уровня независимо от нагрузочной способности выходного буфера (ток потребления значительно возрастет). V_{OH} - напряжение высокого уровня на выводе порта при условии, что ток вывода не превышает I_{OH} .

Таблица 30-8 Пример параметров по постоянному току

Характеристики по постоянному току		Стандартные рабочие условия (если не указано иное)					
		Температурный диапазон: Коммерческий $0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +70^{\circ}\text{C}$ Промышленный $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ Расширенный $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ Параметры напряжения питания смотрите в таблице 30-3.					
№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание
	V_{OL}	Выходное напряжение низкого уровня	$V_{DD} = 4.5\text{В}$				
D080		Канал ввода/вывода	-	-	0.6	В	$I_{OL}=8.5\text{ мА}$, -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$
D080A			-	-	0.6	В	$I_{OL}=7.0\text{ мА}$, -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$
D083		OSC2/CLKOUT (RC)	-	-	0.6	В	$I_{OL}=1.6\text{ мА}$, -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$
D083A			-	-	0.6	В	$I_{OL}=1.2\text{ мА}$, -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$
	V_{OH}	Выходное напряжение высокого уровня	$V_{DD}=4.5\text{В}$				
D090		Канал ввода/вывода ⁽³⁾	$V_{DD} - 0.7$	-	-	В	$I_{OH}=-3.0\text{ мА}$, -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$
D090A			$V_{DD} - 0.7$	-	-	В	$I_{OH}=-2.5\text{ мА}$, -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$
D092		OSC2/CLKOUT (RC)	$V_{DD} - 0.7$	-	-	В	$I_{OH}=-1.3\text{ мА}$, -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$
D092A			$V_{DD} - 0.7$	-	-	В	$I_{OH}=-1.0\text{ мА}$, -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$
D150	V_{OD}	Напряжение на выходе с открытым стоком	-	-	12	В	RA4
		Программируемый источник тока					
D170	V_{PCS}	Диапазон напряжений вывода	V_{SS}	-	$V_{DD}-1.4$	В	Вывод CDAC
D171	SN_{PCS}	Чувствительность напряжения	-0.1	-0.01	-	%/В	$V_{SS} \leq V_{CDAC} \leq V_{DD} - 1.4$
D180	V_{BGR}	Опорное напряжение	1.14	1.19	1.24	В	Вывод AN0, когда $AMUXOE=1$ и $ADCS3:ADCS0 = 0100b$

** - В столбце "Тип." приведены параметры при $V_{DD}=5.0\text{В}$ @ 25°C , если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

Примечания:

1. В RC режиме генератора на входе OSC1 включен триггер Шмидта. Не рекомендуется использовать внешний тактовый сигнал в RC режиме тактового генератора.
2. Ток утечки на выводе -MCLR зависит от приложенного напряжения. Параметры указаны для нормального режима работы. В других режимах может возникнуть больший ток утечки.
3. Отрицательный ток показывает, что он вытекает из вывода.

30.9 Емкостная нагрузка ввода/вывода

Эти параметры указывают на условия, при которых они влияют на характеристики работы каналов ввода/вывода по переменному току. Если нагрузка канала ввода/вывода отличается от указанной в таблицах, то вы должны определить как она влияет на временные характеристики. Меньшая емкость не должна влиять на параметры сигналов.

Таблица 30-9 Пример параметров по постоянному току

Характеристики по постоянному току		Стандартные рабочие условия (если не указано иное)					
		Температурный диапазон: Коммерческий $0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +70^{\circ}\text{C}$					
		Промышленный $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$					
		Расширенный $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$					
		Параметры напряжения питания смотрите в таблице 30-3.					
№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание
Емкостная нагрузка на выходах							
D100	C _{OSC2}	Вывод OSC2	-	-	15	пФ	XT, HS, LP
D101	C _{IO}	Все каналы ввода/вывода и OSC2 в RC режиме	-	-	50	пФ	
D102	C _B	SCL, SDA в режиме I ² C	-	-	400	пФ	В режиме I ² C

** - В столбце "Тип." приведены параметры при $V_{DD}=5.0\text{В}$ @ 25C, если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

Примечания:

1. В RC режиме генератора на входе OSC1 включен триггер Шмидта. Не рекомендуется использовать внешний тактовый сигнал в RC режиме тактового генератора.
2. Ток утечки на выводе -MCLR зависит от приложенного напряжения. Параметры указаны для нормального режима работы. В других режимах может возникнуть больший ток утечки.
3. Отрицательный ток показывает, что он вытекает из вывода.

30.10 EEPROM память данных, FLASH память программ**Таблица 30-10** Пример параметров EEPROM памяти данных, FLASH памяти программ

Характеристики по постоянному току		Стандартные рабочие условия (если не указано иное)					
		Температурный диапазон: Коммерческий $0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +70^{\circ}\text{C}$					
		Промышленный $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$					
		Расширенный $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$					
		Параметры напряжения питания смотрите в таблице 30-3.					
№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание
EEPROM память данных							
D120	E_D	Число циклов стирание/запись	1M	10M	-	C/3	5В @ 25°C
D121	V_{DRW}	Напряжение питания для записи/чтения	V_{MIN}	-	6.0	В	V_{MIN} - минимальное напряжение питания
D122	T_{DEW}	Время цикла стирание/запись	-	-	10	мс	
FLASH память программ							
D130	E_P	Число циклов стирание/запись	100	1000	-	C/3	5В @ 25°C
D131	V_{PR}	Напряжение питания для чтения	V_{MIN}	-	6.0		V_{MIN} - минимальное напряжение питания
D132A	V_{PEW}	Напряжение питания для стирания/записи	4.5	-	5.5		
D133	T_{PEW}	Время цикла стирание/запись	-	-	10	мс	

** - В столбце "Тип." приведены параметры при $V_{DD}=5.0\text{В}$ @ 25°C, если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

30.11 LCD

Таблица 30-11 Пример электрических характеристик модуля LCD

Характеристики по постоянному току			Стандартные рабочие условия (если не указано иное)				
			Температурный диапазон: Коммерческий $0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +70^{\circ}\text{C}$ Промышленный $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ Расширенный $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ Параметры напряжения питания смотрите в таблице 30-3.				
№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание
D200	V _{LCD3}	Напряжение на выводе V _{LCD3}	V _{DD} - 0.3	-	V _{SS} +7.0	В	
D201	V _{LCD2}	Напряжение на выводе V _{LCD2}	-	-	V _{LCD3}	В	
D202	V _{LCD1}	Напряжение на выводе V _{LCD1}	-	-	V _{DD}	В	
D210	R _{COM}	Выходное сопротивление com выводов	-	-	1	кОм	COM выход
D211	R _{SEG}	Выходное сопротивление seg выводов	-	-	10	кОм	SEG выход
D220	V _{OH}	Выходное напряжение высокого уровня	Макс. V _{LCDN} - 0.1	-	Макс. V _{LCDN}	В	COM выхода I _{OH} = 25мкА SEG выхода I _{OH} = 3 мкА
D221	V _{OL}	Выходное напряжение низкого уровня	Мин. V _{LCDN}	-	Мин. V _{LCDN} + 0.1	В	COM выхода I _{OH} = 25мкА SEG выхода I _{OH} = 3 мкА

** - В столбце "Тип." приведены параметры при V_{DD}=5.0В @ 25С, если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

Примечание 1. Внутренне сопротивление V_{LCD} 0 Ом.

Таблица 30-12 Пример параметров генератора напряжения V_{LCD} модуля LCD

Характеристики по постоянному току			Стандартные рабочие условия (если не указано иное)				
			Температурный диапазон: Коммерческий $0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +70^{\circ}\text{C}$ Промышленный $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ Расширенный $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ Параметры напряжения питания смотрите в таблице 30-3.				
№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание
D250	I _{VADJ}	Выходной ток VLCDADJ	-	10	-	мкА	
D251	I _{VR}	Потребляемый ток VLCDADJ	-	-	20	мкА	
D252	$\frac{\Delta I_{VADJ}}{\Delta V_{DD}}$	Зависимость выходного тока от напряжения V _{DD}	-	-	0.1/1	мкА/В	
D253	$\frac{\Delta I_{VADJ}}{\Delta T}$	Зависимость выходного тока от температуры	-	-	0.1/70	мкА/°С	
D260 ⁽¹⁾	R _{VADJ}	Внешний резистор VLCDADJ	100	-	230	кОм	
D265	V _{VADJ}	Диапазон напряжений VLCDADJ	1.0	-	2.3	В	
D271 ⁽¹⁾	C _{ЕСРС}	Внешняя емкость генератора	-	0.5	-	мкФ	

Примечание 1. Оценочные значения.

30.12 Компараторы и источник опорного напряжения

Таблица 30-13 Пример характеристик компаратора по постоянному току

Характеристики по постоянному току			Стандартные рабочие условия (если не указано иное)				
			Температурный диапазон: Коммерческий $0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +70^{\circ}\text{C}$ Промышленный $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ Расширенный $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ Параметры напряжения питания смотрите в таблице 30-3.				
№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание
D300	V_{IOFF}	Входное напряжение смещения	-	± 5.0	± 10	мВ	
D301	V_{ICM}	Входное напряжение*	0	-	$V_{DD}-1.5$	В	
D302	CMRR	Коэффициент отражения*	55	-	-	db	
300	T_{RESP}	Время реакции ⁽¹⁾	-	150	400	нс	PIC16CXXX
300A			-	210	600	нс	PIC16LCXXX
301	T_{MC2OV}	Время смены режима*	-	-	10	мкс	

Примечание 1. Время реакции измерялось при напряжении на одном из входов $(V_{DD}-1.5)/2$, а на другом был сформирован переход от V_{SS} к V_{DD} .

Таблица 30-13 Пример характеристик источника опорного напряжения по постоянному току

Характеристики по постоянному току			Стандартные рабочие условия (если не указано иное)				
			Температурный диапазон: Коммерческий $0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +70^{\circ}\text{C}$ Промышленный $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ Расширенный $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ Параметры напряжения питания смотрите в таблице 30-3.				
№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание
D310	V_{RES}	Разрешающая способность	$V_{DD}/24$	-	$V_{DD}/32$	Lsb	
D311	V_{RAA}	Абсолютная точность	-	-	1/4	Lsb	VRR=1
			-	-	1/2	Lsb	VRR=0
D312	V_{RUR}	Сопротивление резистора R*	-	2	-	кОм	
310	T_{SET}	Время установки ⁽¹⁾	-	-	10	мкс	

Примечание 1. Время измерено при VRR=1 и переходе $VR<3:0>$ от 0000 к 1111.

30.13 Символьное обозначение временных параметров

Символьное обозначение временных параметров имеет один из следующих форматов:

- | | | |
|------------------|----------------|--|
| 1. $T_{ppS2ppS}$ | 3. $T_{CC:ST}$ | (только спецификация I ² C) |
| 2. T_{ppS} | 4. T_S | (только спецификация I ² C) |

T			
F	Частота	T	Время

Строчные символы (pp) и их значение

pp			
cc	CCP1	osc	OSC1
ck	CLKOUT	rd	-RD
cs	-CS	rw	-RD или -WR
di	SDI	sc	SCK
do	SDO	ss	-SS
dt	Входные данные	t0	T0CKI
io	Канал ввода/вывода	t1	T1CKI
mc	-MCLR	wr	-WR

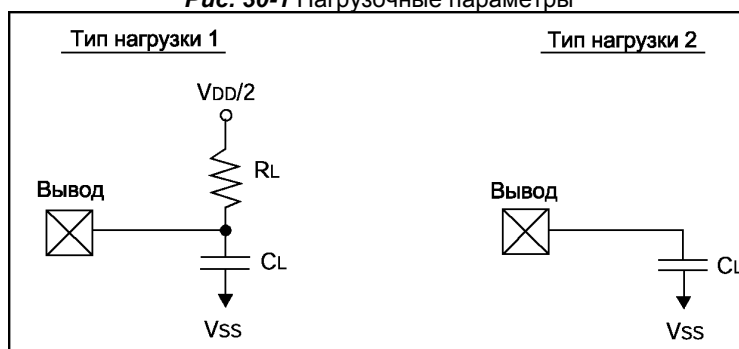
Прописные символы и их значение

S			
F	Задний фронт	P	Период
H	Высокий уровень	R	Передний фронт
I	Неверный (3-е состояние)	V	Верный
L	Низкий уровень	Z	3-е состояние
Только I²C			
AA	Доступ вывода	High	Высокий уровень
BUF	Шина свободна	Low	Низкий уровень

$T_{CC:ST}$ (только спецификация I²C)

CC			
HD	Удержание	SU	Установка
ST			
DAT	Сохранение данных на входе	STO	Условие STOP
STA	Условие START	Low	Низкий уровень

Рис. 30-1 Нагрузочные параметры



$$R_L = 464 \text{ Ом}$$

$$C_L = 50 \text{ пФ (для всех выводов, кроме OSC2)}$$

$$C_L = 15 \text{ пФ (для вывода OSC2)}$$

30.14 Пример временных диаграмм и параметров тактового сигнала

Рис. 30-2 Пример временной диаграммы внешнего тактового сигнала

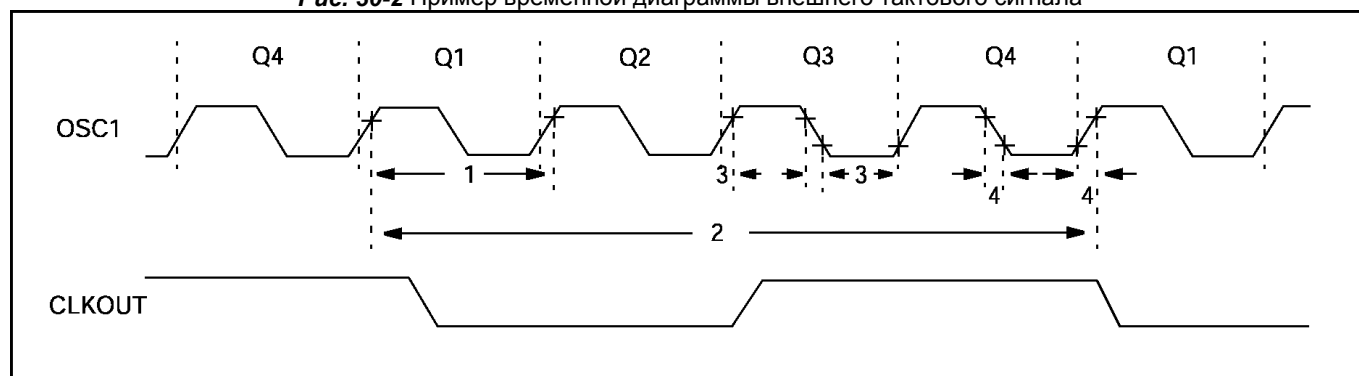


Таблица 30-15 Пример параметров внешнего тактового сигнала

№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание
	F _{osc}	Частота внешнего тактового сигнала ⁽¹⁾	DC	-	4	МГц	XT, RC PIC16CXXX-04 PIC16LCXXX-04
			DC	-	10	МГц	HS PIC16CXXX-10
			DC	-	20	МГц	HS PIC16CXXX-20
			Dc	-	200	кГц	LP PIC16LCXXX-04
		Частота генератора ⁽¹⁾	DC	-	4	МГц	RC PIC16CXXX-04 PIC16LCXXX-04
			0.1	-	4	МГц	XT PIC16CXXX-04 PIC16LCXXX-04
			4	-	10	МГц	HS PIC16CXXX-10
			4	-	20	МГц	HS PIC16CXXX-20
1	T _{osc}	Период внешнего тактового сигнала ⁽¹⁾	250	-	-	нс	XT, RC PIC16CXXX-04 PIC16LCXXX-04
			100	-	-	нс	HS PIC16CXXX-10
			50	-	-	нс	HS PIC16CXXX-20
			5	-	-	мкс	LP PIC16LCXXX-04
		Период генератора ⁽¹⁾	250	-	-	нс	RC PIC16CXXX-04 PIC16LCXXX-04
			250	-	10000	нс	XT PIC16CXXX-04 PIC16LCXXX-04
	T _{cy}	Время выполнения инструкции ⁽¹⁾	100	-	250	нс	HS PIC16CXXX-10
			50	-	250	нс	HS PIC16CXXX-20
			5	-	-	мкс	LP PIC16LCXXX-04
2	T _{cy}	Время выполнения инструкции ⁽¹⁾	200.0	T _{cy}	DC	нс	T _{cy} = 4/F _{osc}
3	T _{osL} , T _{osH}	Длительность высокого/низкого уровня CLKIN (OSC1)	50	-	-	нс	XT PIC16CXXX-04
			60	-	-	нс	XT PIC16LCXXX-04
			2.5	-	-	мкс	LP PIC16LCXXX-04
			15	-	-	нс	HS PIC16CXXX-20
4	T _{osR} , T _{osF}	Длительность переднего/заднего фронта внешнего тактового сигнала (OSC1)	-	-	25	нс	XT PIC16CXXX-04
			-	-	50	нс	LP PIC16LCXXX-04
			-	-	15	нс	HS PIC16CXXX-20

** - В столбце "Тип." приведены параметры при V_{DD}=5.0В @ 25°C, если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

Примечание 1. Машинный цикл микроконтроллера равняется 4 периодам тактового сигнала. Все приведенные значения основываются на характеристиках конкретного типа генератора в стандартных условиях при выполнении программы. Выход за указанные пределы может привести к нестабильной работе генератора и/или к большому потребляемому току. Все микроконтроллеры проверены в режиме "Мин." при внешнем тактовом сигнале на выводе OSC1/CLKIN.

Рис. 30-3 Пример временной диаграммы CLKOUT и каналов ввода/вывода

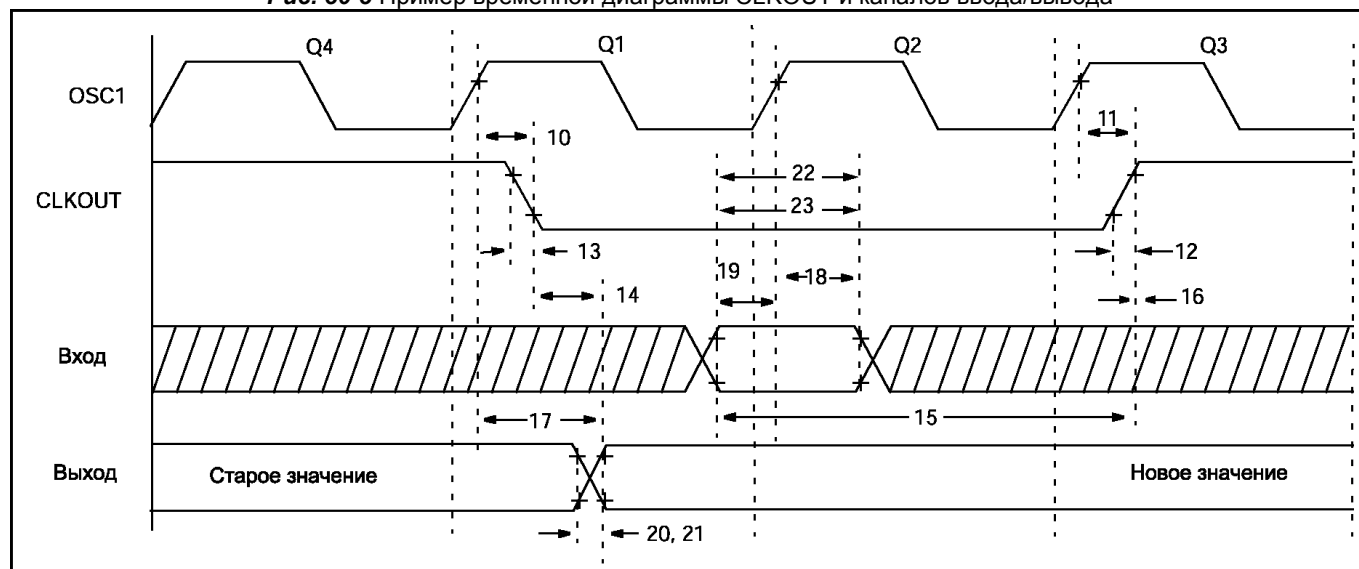


Таблица 30-16 Пример параметров CLKOUT и каналов ввода/вывода

№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание
10	TosH2ckL	От OSC1 ↑ до CLKOUT ↓	-	75	200	нс	(1)
11	TosH2ckH	От OSC1 ↑ до CLKOUT ↑	-	75	200	нс	(1)
12	TckR	CLKOUT длит. переднего фронта	-	35	100	нс	(1)
13	TckF	CLKOUT длит. заднего фронта	-	35	100	нс	(1)
14	TckL2ioV	От CLKOUT ↓ до установл. выхода	-	-	$0.5T_{CY}+20$	нс	(1)
15	TioV2ckH	От установл. входа до CLKOUT ↑	$0.25T_{CY}+25$	-	-	нс	(1)
16	TckH2ioI	Удержание входа после CLKOUT ↑	0	-	-	нс	(1)
17	TosH2ioV	От OSC1 ↑ до установл. выхода	-	50	150	нс	
18	TosH2ioI	Удержание входа после OSC1 ↑	C	100	-	-	нс
18A			LC	200	-	-	нс
19	TioV2osH	Переход в режим входа относ. OSC1↑	0	-	-	нс	
20	TioR	Длительность переднего фронта на выходе порта ввода/вывода	C	-	10	25	нс
20A			LC	-	-	60	нс
21	TioF	Длительность заднего фронта на выходе порта ввода/вывода	C	-	10	25	нс
21A			LC	-	-	60	нс
22***	Tinp	Длит. высокого/низкого уровня INT	T_{CY}	-	-	нс	
23***	Trbp	Длит. высокого/низкого уровня RB7:RB4	T_{CY}	-	-	нс	
24***	Trcp	Длит. высокого/низкого уровня RC7:RC4	20	-	-	нс	

* - Эти параметры определены, но не протестированы.

** - В столбце "Тип." приведены параметры при $V_{DD}=5.0V$ @ $25^{\circ}C$, если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

*** - Асинхронные события, не связанные с внутренним тактовым сигналом.

Примечание 1. Измерения проведены в RC режиме генератора, где $CLKOUT = 4 \times T_{OSC}$.

30.15 Пример временных диаграмм и параметров сброса микроконтроллера

Рис. 30-4 Пример временной диаграммы сброса, WDT, OST, PWRT

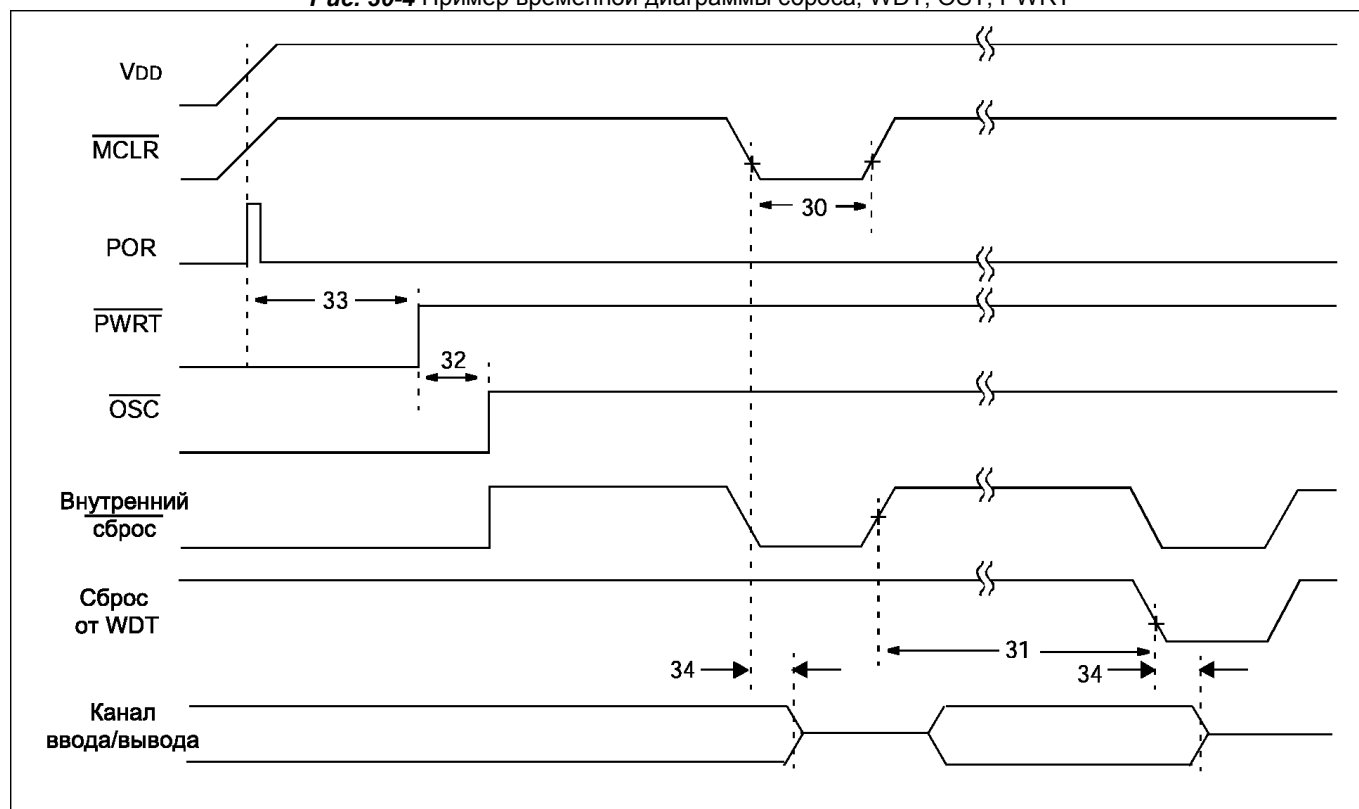


Рис. 30-5 Пример временной диаграммы работы BOD

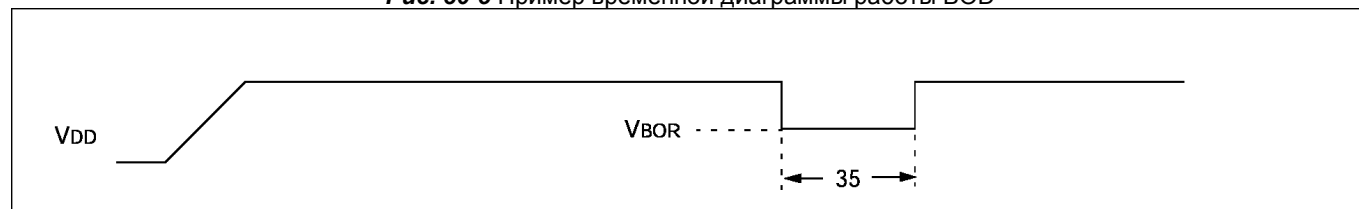


Таблица 30-17 Пример параметров сброса, WDT, OST, PWRT, BOR

№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание
30	Tmcl	Длительность импульса -MCLR	2	-	-	мкс	V _{DD} =5В, -40°C до +85°C
31	Twdt	Период переполнения WDT (без делителя)	7	18	33	мс	V _{DD} =5В, -40°C до +125°C
32	Tost	Период OST	-	1024T _{OSC}	-	-	T _{OSC} = период OSC1
33	Trwrt	Период PWRT	28	72	132	мс	V _{DD} =5В, -40°C до +85°C
34	T _{IOZ}	От сброса -MCLR или WDT до перевода каналов ввода/вывода в 3-е состояние	-	-	2.1	мкс	
35	T _{BOR}	Длительность импульса BOR	100	-	-	мкс	V _{DD} ≤ V _{BOR} (D005)

** - В столбце "Тип." приведены параметры при V_{DD}=5.0В @ 25°C, если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

30.16 Пример временных диаграмм и параметров внешнего тактового сигнала для TMR0 и TMR1

Рис. 30-6 Пример временной диаграммы внешнего тактового сигнала для TMR0 и TMR1

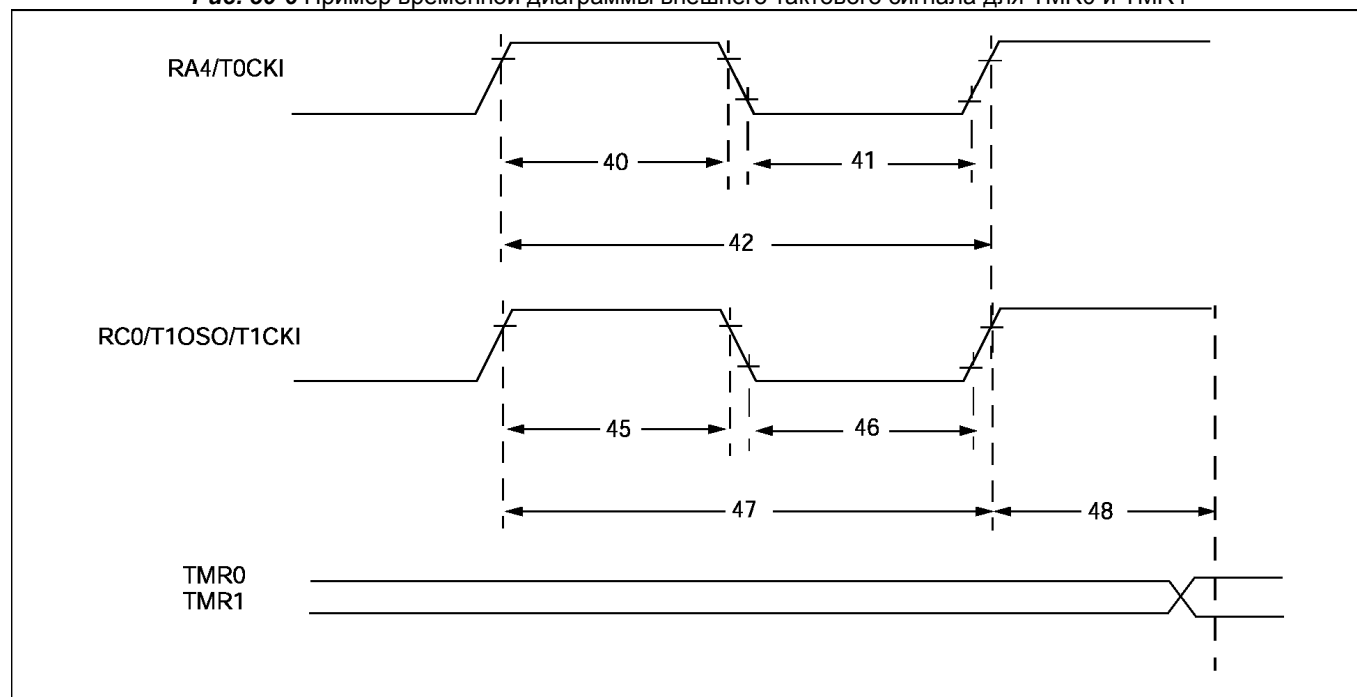


Таблица 30-18 Пример параметров внешнего тактового сигнала для TMR0 и TMR1

№ пар.	Обоз.	Описание		Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание	
40	Tt0H	Длительность высокого уровня T0CKI	Без предделителя	$0.5T_{CY}+20$	-	-	нс	Также должен выполняться параметр 42	
			С предделителем	10	-	-	нс		
41	Tt0L	Длительность низкого уровня T0CKI	Без предделителя	$0.5T_{CY}+20$	-	-	нс		
			С предделителем	10	-	-	нс		
42	Tt0P	Период T0CKI	Без предделителя	$T_{CY}+40$	-	-	нс	N = коэфф.предд.	
			С предделителем	20 или $(T_{CY}+40)/N$	-	-	нс		
45	Tt1H	Длительность высокого уровня T1CKI	Синхр.реж. без преддел.	$0.5T_{CY}+20$	-	-	нс	Также должен выполняться параметр 47	
			Синхр. режим с преддел.	C	15	-	-		нс
				LC	25	-	-		нс
			Асинхронный режим	C	30	-	-		нс
LC	50	-		-	нс				
46	Tt1L	Длительность низкого уровня T1CKI	Синхр.реж. без преддел.	$0.5T_{CY}+20$	-	-	нс	Также должен выполняться параметр 47	
			Синхр. режим с преддел.	C	15	-	-		нс
				LC	25	-	-		нс
			Асинхронный режим	C	30	-	-		нс
LC	50	-		-	нс				
47	Tt1P	Период T1CKI	Синхронный режим	C	30 или $(T_{CY}+40)/N$	-	-	нс	N = коэфф.предд.
				LC	50 или $(T_{CY}+40)/N$	-	-	нс	N = коэфф.предд.
			Асинхронный режим	C	60	-	-	нс	
				LC	100	-	-	нс	
	Ft1	Частота резонатора для TMR1 (T1OSCEN=1)		DC	-	200	кГц		
48	TCKE1	Задержка от активного фронта тактового сигнала до приращения TMR1		$2T_{OSC}$	-	$7T_{OSC}$	-		

** - В столбце "Тип." приведены параметры при $V_{DD}=5.0V @ 25^{\circ}C$, если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

30.17 Пример временных диаграмм и параметров модуля ССР

Рис. 30-7 Пример временной диаграммы захват/сравнение/ШИМ

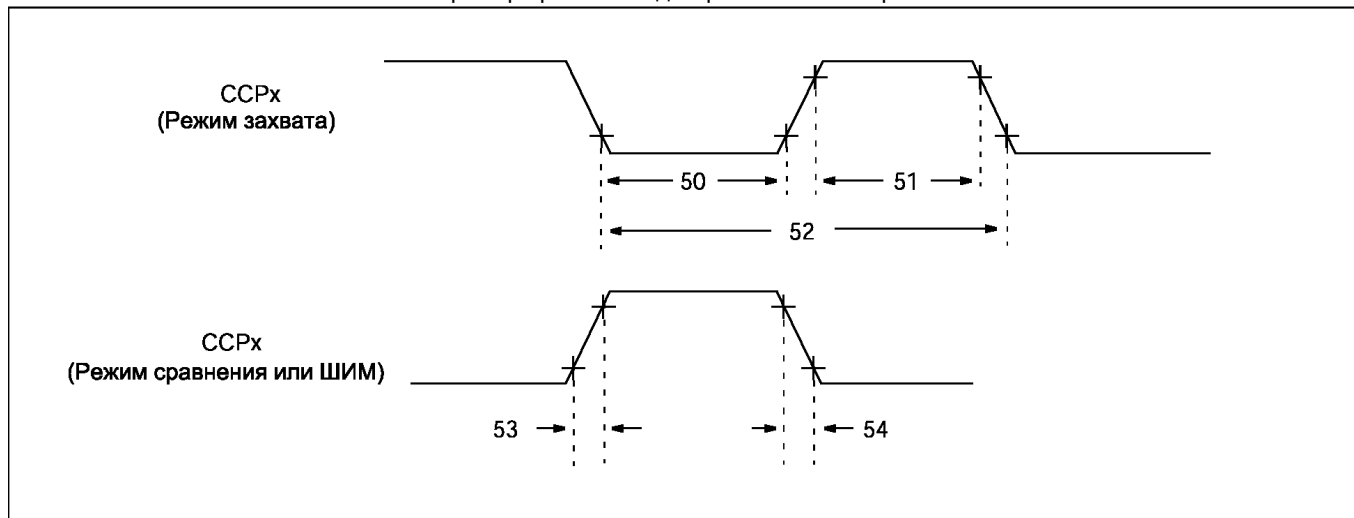


Таблица 30-9 Пример параметров захват/сравнение/ШИМ (ССР1 и ССР2)

№ пар.	Обоз.	Описание		Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание	
50*	ТссL	Сигнал низкого уровня ССРх	Без предделителя	$0.5T_{CY}+20$	-	-	нс		
			С предделителем	C	10	-	-		нс
				LC	20	-	-		нс
51*	ТссL	Сигнал высокого уровня ССРх	Без предделителя	$0.5T_{CY}+20$	-	-	нс		
			С предделителем	C	10	-	-		нс
				LC	20	-	-		нс
52*	ТссP	Период входного сигнала ССРх		$(3T_{CY}+40)/N$	-	-	нс	N = коэфф.предд.	
53*	ТссR	Время установление высокого уровня сигн. на вых. ССРх	C	-	10	25	нс		
			LC	-	25	45	нс		
54*	ТссF	Время установление низкого уровня сигн. на вых. ССРх	C	-	10	25	нс		
			LC	-	25	45	нс		

** - В столбце "Тип." приведены параметры при $V_{DD}=5.0V$ @ $25^{\circ}C$, если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

30.18 Пример временных диаграмм и параметров ведомого параллельного порта

Рис. 30-8 Пример временной диаграммы работы ведомого параллельного порта

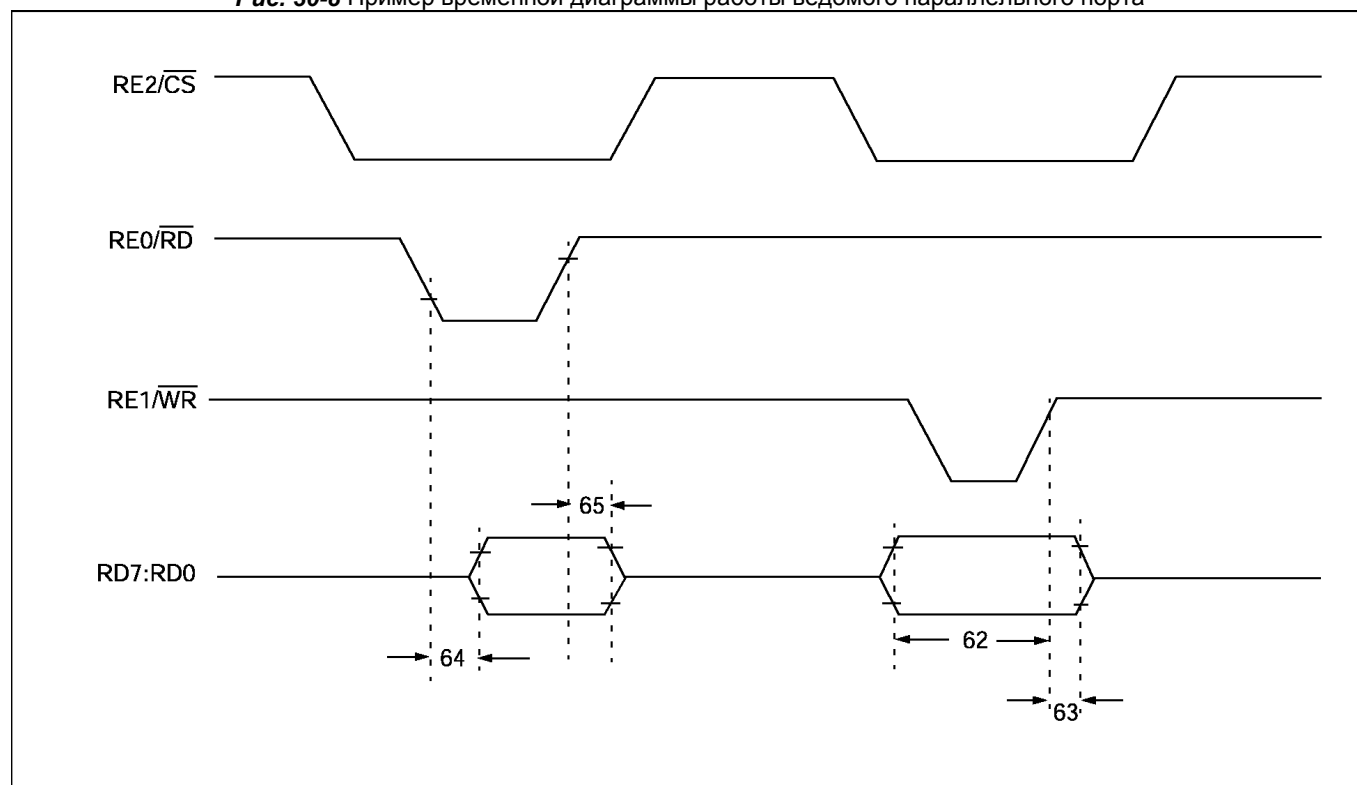


Таблица 30-20 Пример параметров работы ведомого параллельного порта

№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание
62	TdtV2H	Установка данных перед -WR↑ или -CS↑	20 25	-	-	нс нс	Только для расшир. диап.
63	TwrH2dtl	Удержание данных после -WR↑ или -CS↑	C 20 LC 35	-	-	нс нс	
64	TrdL2dtV	Формирование данных после -RD↓ и -CS↓	- -	-	80 90	нс нс	Только для расшир. диап.
65	TrdH2dtl	Неправильные данные после -RD↑ или -CS↑	10	-	30	нс	
66	TibfINH	Запрет очистки флага IBF после -WR↑ или -CS↑	-	-	3T _{cy} ⁺		

** - В столбце "Тип." приведены параметры при V_{DD}=5.0В @ 25°C, если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

⁺ - Оценочное значение.

30.19 Пример временных диаграмм и параметров модуля SSP и MSSP в режиме SPI

Рис. 30-9 Пример временной диаграммы работы в режиме ведущего SPI (CKE=0)

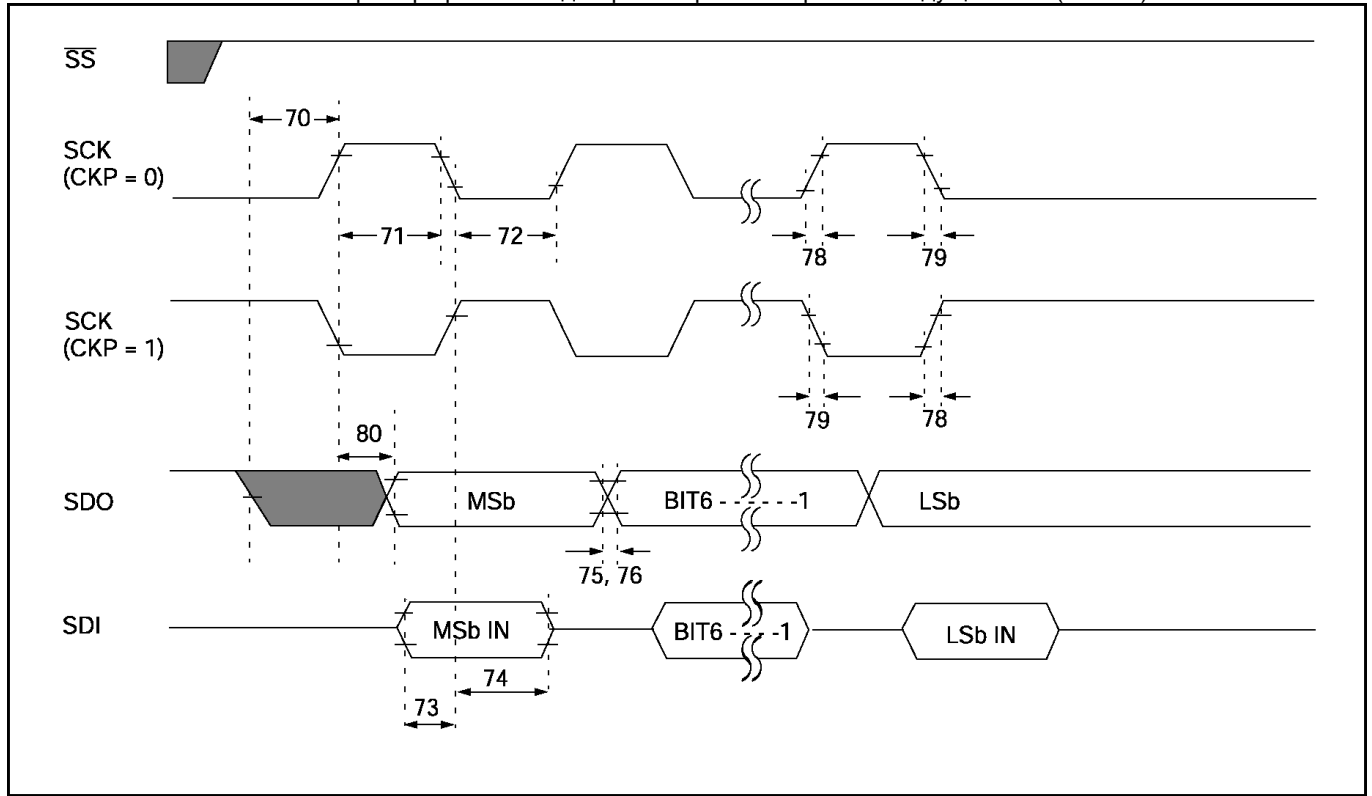


Таблица 30-21 Пример параметров работы в режиме ведущего SPI (CKE=0)

№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание	
70	TssL2sch, TssL2scl	-SS↓ перед SCK↑ или SCK↓	T _{cy}	-	-	нс		
71 71A	Tsch	Высокий уров. сигн. SCK	Непрерыван. Одиночный	1.25T _{cy} + 30 40	- -	нс нс	(1)	
72 72A	Tscl	Низкий уров. сигн. SCK	Непрерыван. Одиночный	1.25T _{cy} + 30 40	- -	нс нс	(1)	
73	TdiV2sch, TdiV2scl	Установка данных на входе SDI относительно фронта SCK	100	-	-	нс		
73A	Tв2в	От послед. фронта байта 1 до перв. фронта байта 2	1.25T _{cy} + 30	-	-	нс	(1)	
74	Tsch2diL, TscL2diL	Удержание данных на входе SDI относительно фронта SCK	100	-	-	нс		
75	TdoR	Длительность переднего фронта на выходе SDO	C LC	- -	10 25	25 45	нс нс	
76	TdoF	Длительность заднего фронта на SDO	-	-	10	25	нс	
78	TscR	Длительность переднего фронта на SCK	C LC	- -	10 25	25 45	нс нс	
79	TscF	Длит. заднего фронта на SCK (ведущий)	-	-	10	25	нс	
80	Tsch2doV, TscL2doV	Достоверные данные на SDO после фронта SCK	C LC	- -	- -	50 100	нс нс	

** - В столбце "Тип." приведены параметры при V_{DD}=5.0В @ 25°C, если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

Примечание 1. Необходимо учитывать параметр 73A только, если используются параметры 71A и 72A.

Рис. 30-10 Пример временной диаграммы работы в режиме ведущего SPI (CKE=1)

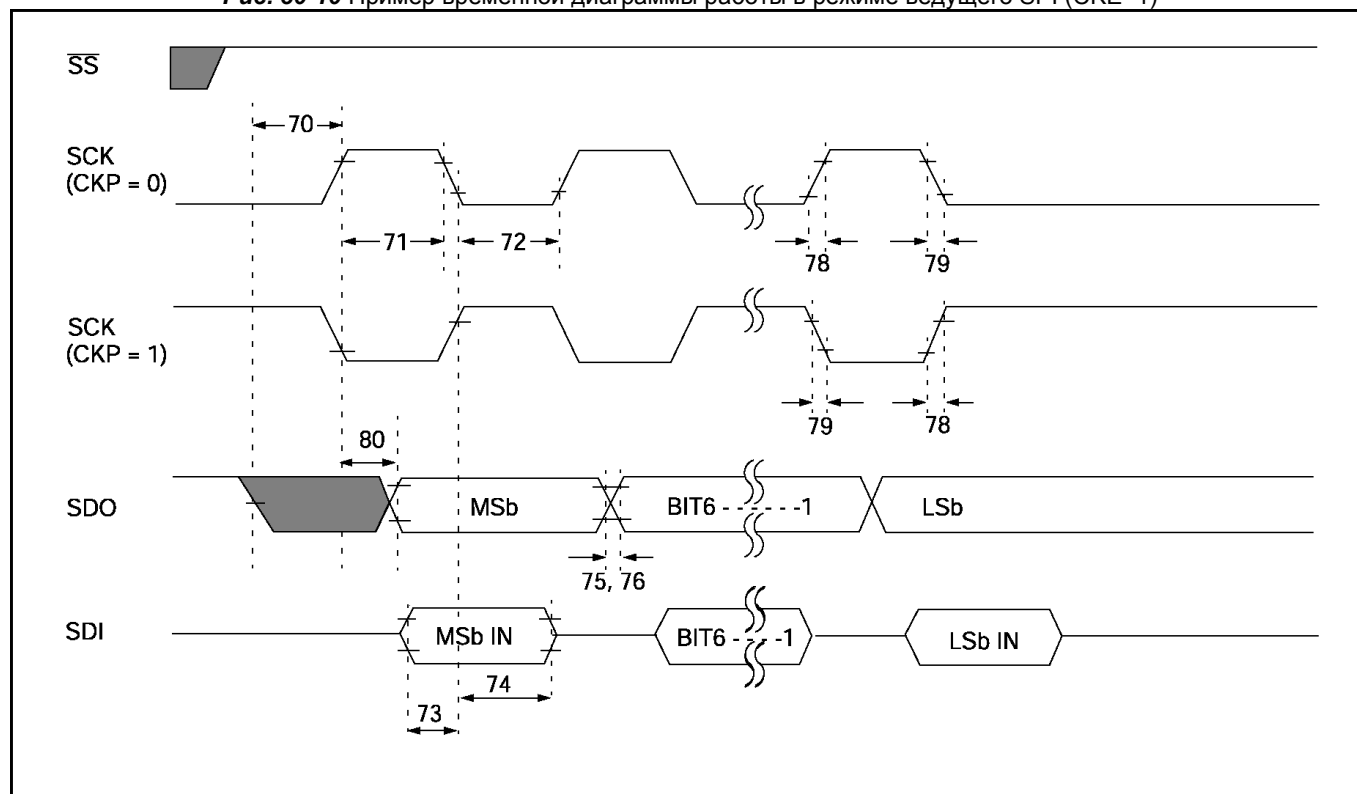


Таблица 30-21 Пример параметров работы в режиме ведущего SPI (CKE=0)

№ пар.	Обоз.	Описание		Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание
71 71A	Tsch	Высокий ур. сигн. SCK	Непрерыван. Одиночный	1.25T _{cy} + 30 40	-	-	нс	(1)
72 72A	Tscl	Низкий ур. сигн. SCK	Непрерыван. Одиночный	1.25T _{cy} + 30 40	-	-	нс	(1)
73	TdiV2sch, TdiV2scl	Установка данных на входе SDI относительно фронта SCK		100	-	-	нс	
73A	Tв2в	От послед. фронта байта 1 до перв. фронта байта 2		1.25T _{cy} + 30	-	-	нс	(1)
74	Tsch2diL, Tscl2diL	Удержание данных на входе SDI относительно фронта SCK		100	-	-	нс	
75	TdoR	Длительность переднего фронта на выходе SDO	C LC	- -	10 25	25 45	нс	
76	TdoF	Длительность заднего фронта на SDO		-	10	25	нс	
78	TscR	Длительность переднего фронта на SCK	C LC	- -	10 25	25 45	нс	
79	TscF	Длит. заднего фронта на SCK (ведущий)		-	10	25	нс	
80	Tsch2doV, Tscl2doV	Достоверные данные на SDO после фронта SCK	C LC	- -	- -	50 100	нс	
81	TdoV2sch, TdoV2scl	Установка данных на выходе SDO после фронта SCK		T _{cy}	-	-	нс	

** - В столбце "Тип." приведены параметры при V_{DD}=5.0В @ 25°C, если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

Примечание 1. Необходимо учитывать параметр 73A только, если используются параметры 71A и 72A.

Рис. 30-11 Пример временной диаграммы работы в режиме ведомого SPI (CKE=0)

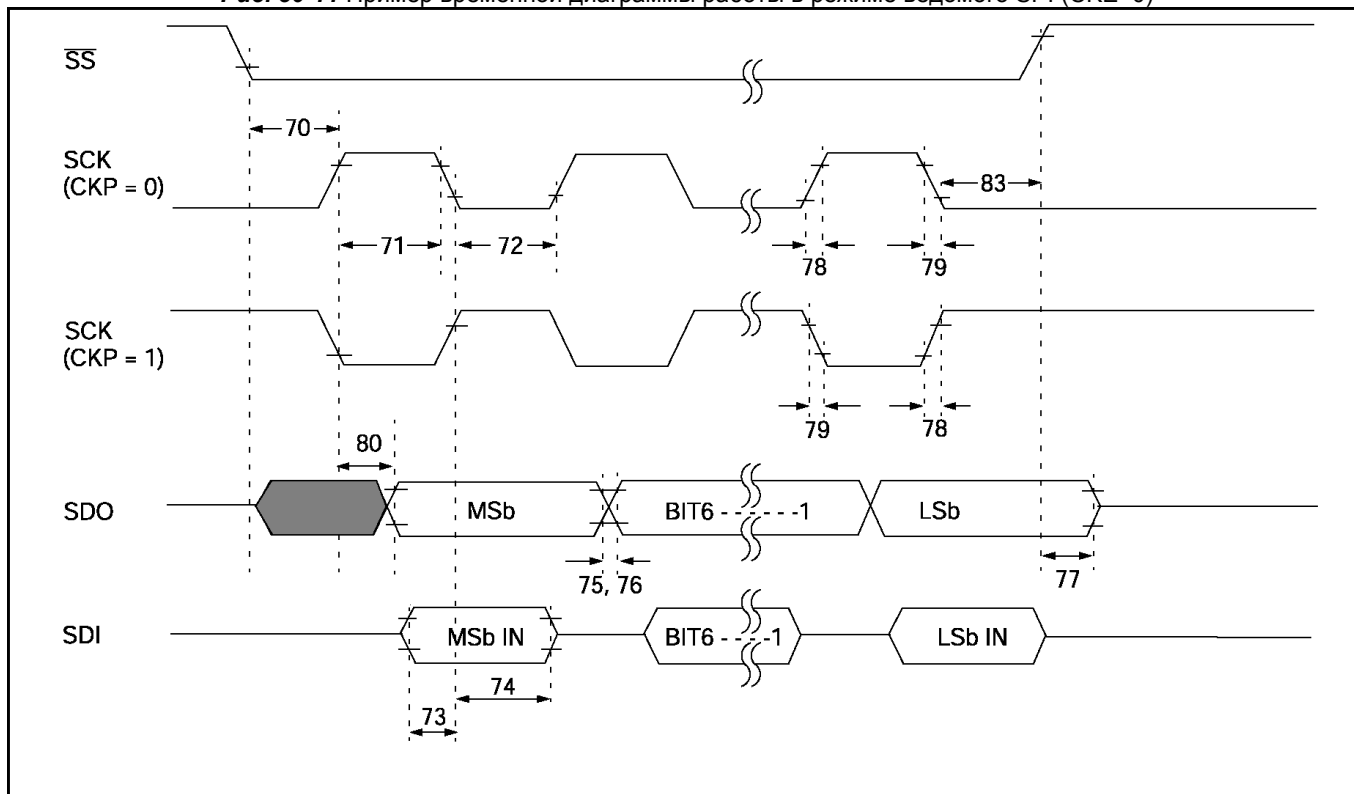


Таблица 30-23 Пример параметров работы в режиме ведомого SPI (CKE=0)

№ пар.	Обоз.	Описание		Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание
70	TssL2sch, TssL2scL	-SS↓ перед SCK↑ или SCK↓		T _{cy}	-	-	нс	
71 71A	Tsch	Высокий ур. сигн. SCK	Непрерыван. Одиночный	1.25T _{cy} + 30 40	-	-	нс	(1)
72 72A	TscL	Низкий ур. сигн. SCK	Непрерыван. Одиночный	1.25T _{cy} + 30 40	-	-	нс	(1)
73	TdiV2sch, TdiV2scL	Установка данных на входе SDI относительно фронта SCK		100	-	-	нс	
73A	T _{B2B}	От послед. фронта байта 1 до перв. фронта байта 2		1.25T _{cy} + 30	-	-	нс	(1)
74	Tsch2diL, TscL2diL	Удержание данных на входе SDI относительно фронта SCK		100	-	-	нс	
75	TdoR	Длительность переднего фронта на выходе SDO	C LC	- -	10 25	25 45	нс	
76	TdoF	Длительность заднего фронта на SDO		-	10	25	нс	
78	TscR	Длительность переднего фронта на SCK	C LC	- -	10 25	25 45	нс	
79	TscF	Длит. заднего фронта на SCK (ведущий)		-	10	25	нс	
80	Tsch2doV, TscL2doV	Достоверные данные на SDO после фронта SCK	C LC	- -	- -	50 100	нс	
83	Tsch2ssh, TscL2ssh	SS↑ после фронта SCK		1.5T _{cy} + 40	-	-	нс	

** - В столбце "Тип." приведены параметры при V_{DD}=5.0В @ 25°C, если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

Примечание 1. Необходимо учитывать параметр 73A только, если используются параметры 71A и 72A.

Рис. 30-12 Пример временной диаграммы работы в режиме ведомого SPI (CKE=1)

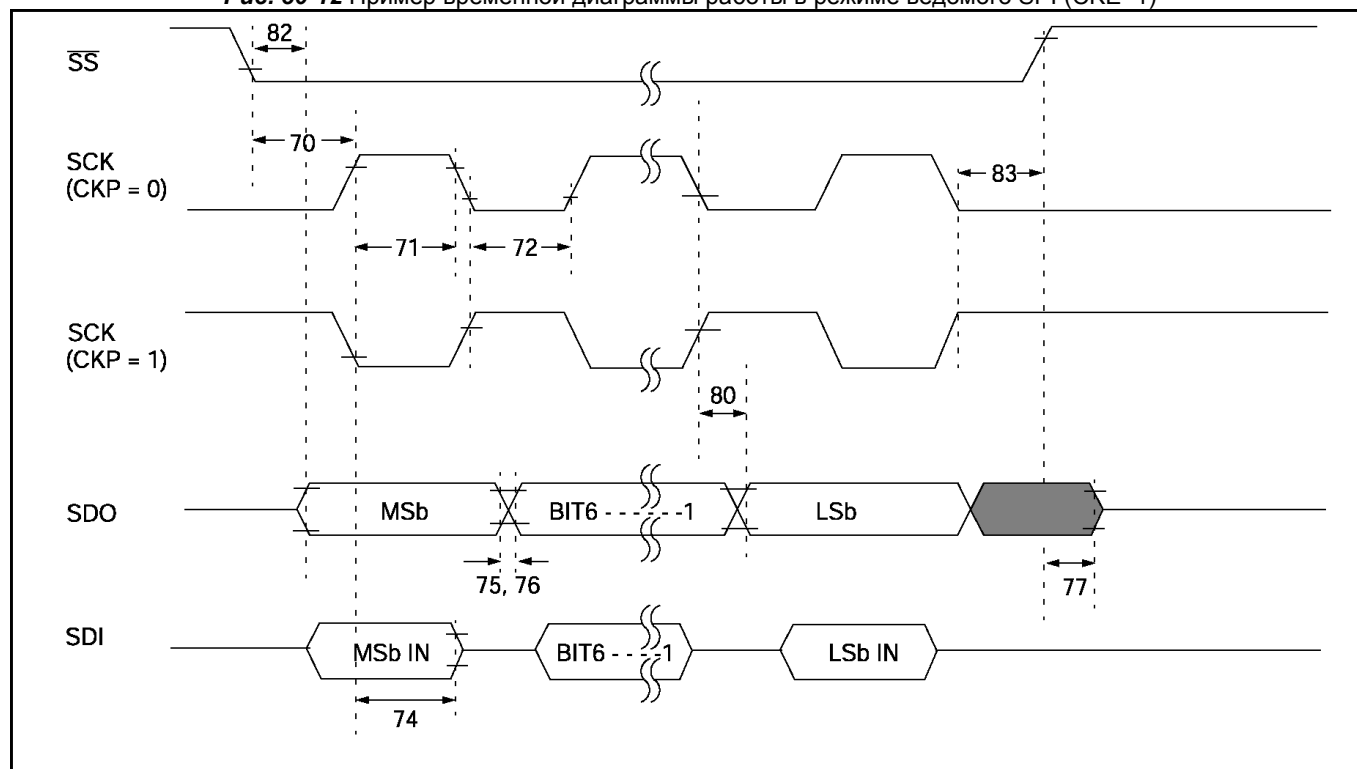


Таблица 30-24 Пример параметров работы в режиме ведомого SPI (CKE=1)

№ пар.	Обоз.	Описание		Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание
70	TssL2scl, TssL2sch	-SS↓ перед SCK↑ или SCK↓		T_{CY}	-	-	нс	
71	Tsch	Высокий ур. сигн. SCK	Непрерыван. Одиночный	$1.25T_{CY} + 30$ 40	-	-	нс	(1)
71A							нс	
72	Tscl	Низкий ур. сигн. SCK	Непрерыван. Одиночный	$1.25T_{CY} + 30$ 40	-	-	нс	(1)
72A							нс	
73	TdiV2sch, TdiV2scl	Установка данных на входе SDI относительно фронта SCK		100	-	-	нс	
73A	T_{b2b}	От послед. фронта байта 1 до перв. фронта байта 2		$1.25T_{CY} + 30$	-	-	нс	(1)
74	Tsch2diL, TscL2diL	Удержание данных на входе SDI относительно фронта SCK		100	-	-	нс	
75	TdoR	Длительность переднего фронта на выходе SDO	C LC	- -	10 25	25 45	нс нс	
76	TdoF	Длительность заднего фронта на SDO		-	10	25	нс	
78	TscR	Длительность переднего фронта на SCK	C LC	- -	10 25	25 45	нс нс	
79	TscF	Длит. заднего фронта на SCK (ведущий)		-	10	25	нс	
80	Tsch2doV, TscL2doV	Достоверные данные на SDO после фронта SCK	C LC	- -	- -	50 100	нс нс	
82	TssL2doV	Достов. данные на вых. SDO после SS↓	C LC	- -	- -	50 100	нс нс	
83	Tsch2ssH, TscL2ssH	SS↑ после фронта SCK		$1.5T_{CY} + 40$	-	-	нс	

** - В столбце "Тип." приведены параметры при $V_{DD}=5.0V$ @ $25^{\circ}C$, если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

Примечание 1. Необходимо учитывать параметр 73A только, если используются параметры 71A и 72A.

30.20 Пример временных диаграмм и параметров модуля SSP в режиме I²C

Рис. 30-13 Пример временной диаграммы формирования битов START/STOP на шине I²C

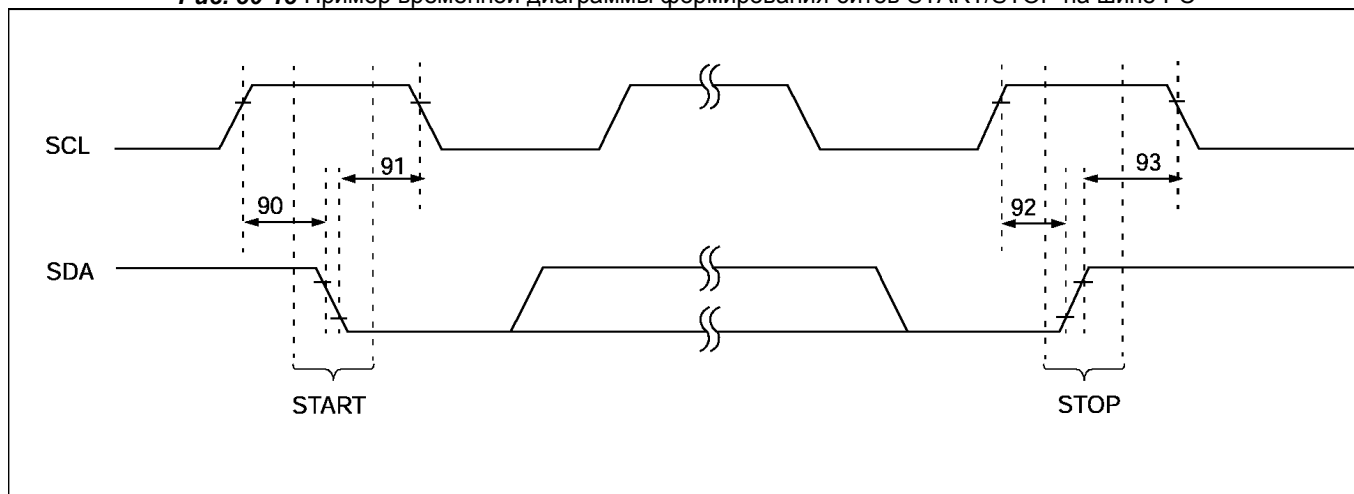
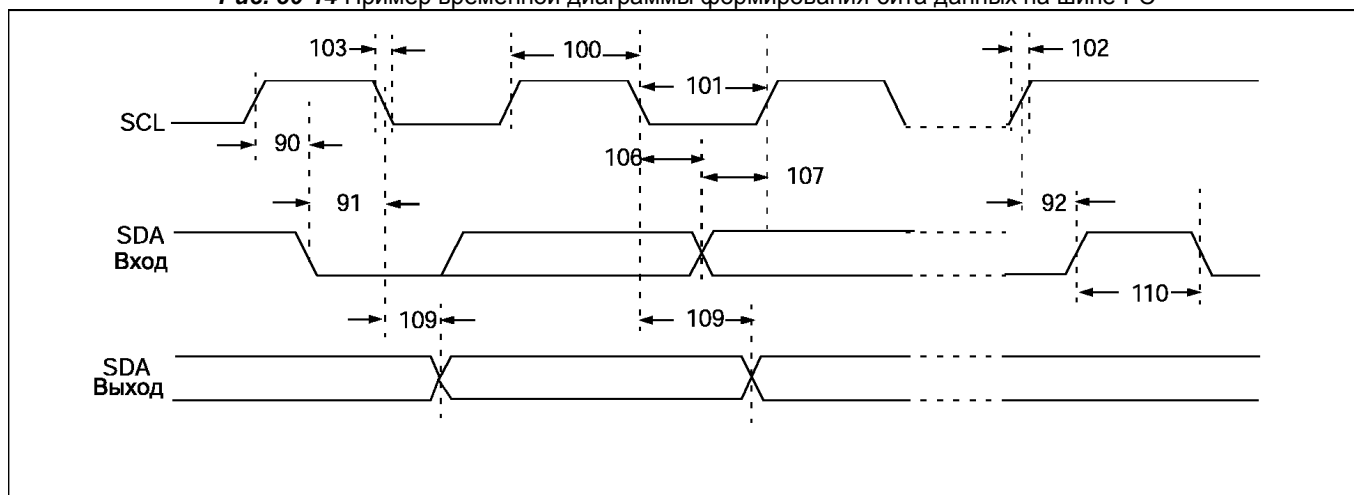


Таблица 30-25 Пример параметров формирования битов START/STOP на шине I²C

№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание	
90	Tsu:sta	Установка условия START	Режим 100 кГц	4700	-	-	нс	Только при формировании бита повторный START
			Режим 400 кГц	600	-	-		
91	Thd:sta	Удержание условия START	Режим 100 кГц	4000	-	-	нс	После этого форм. первый импульс тактового сигнала
			Режим 400 кГц	600	-	-		
92	Tsu:sto	Установка условия STOP	Режим 100 кГц	4700	-	-	нс	
			Режим 400 кГц	600	-	-		
93	Thd:sto	Удержание условия STOP	Режим 100 кГц	4000	-	-	нс	
			Режим 400 кГц	600	-	-		

Рис. 30-14 Пример временной диаграммы формирования бита данных на шине I²CТаблица 30-26 Пример параметров формирования бита данных на шине I²C

№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Макс.	Ед.	Примечание	
100	Thigh	Длительность высокого уровня тактового сигнала	Режим 100 кГц	4.0	-	мкс	Мин. F _{OSC} 1.5МГц
			Режим 400 кГц	0.6	-	мкс	Мин. F _{OSC} 10МГц
			Модуль SSP	1.5T _{СУ}	-		
101	Tlow	Длительность низкого уровня тактового сигнала	Режим 100 кГц	4.7	-	мкс	Мин. F _{OSC} 1.5МГц
			Режим 400 кГц	1.3	-	мкс	Мин. F _{OSC} 10МГц
			Модуль SSP	1.5T _{СУ}	-		
102	Tr	Долит. переднего фронта на SDA и SCL	Режим 100 кГц	-	1000	нс	
			Режим 400 кГц	20 + 0.1 C _b	300	нс	10пФ ≤ C _b ≤ 400пФ
103	Tf	Долит. заднего фронта на SDA и SCL	Режим 100 кГц	-	300	нс	
			Режим 400 кГц	20 + 0.1 C _b	300	нс	10пФ ≤ C _b ≤ 400пФ
90	Tsu:sta	Установка условия START	Режим 100 кГц	4.7	-	мкс	Только при формировании бита повторный START
			Режим 400 кГц	0.6	-	мкс	
91	Thd:sta	Удержание условия START	Режим 100 кГц	4.0	-	мкс	После этого форм. первый импульс тактового сигнала
			Режим 400 кГц	0.6	-	мкс	
106	Thd:dat	Удержание данных на входе	Режим 100 кГц	0	-	нс	
			Режим 400 кГц	0	0.9	мкс	
107	Tsu:dat	Установка данных на входе	Режим 100 кГц	250	-	нс	Примечание 2
			Режим 400 кГц	100	-	нс	
92	Tsu:sto	Установка условия STOP	Режим 100 кГц	4.7	-	мкс	
			Режим 400 кГц	0.6	-	мкс	
109	Taa	Достоверность сигнала на выходе	Режим 100 кГц	-	3500	нс	Примечание 1
			Режим 400 кГц	-	-	нс	
110	Tbuf	Время не занятости шины	Режим 100 кГц	4.7	-	мкс	Задержка перед новой передачей
			Режим 400 кГц	1.3	-	мкс	
	C _b	Емкостная нагрузка линии	-	400	пФ		

Примечания:

1. Необходимо выдерживать эту минимальную задержку относительно заднего фронта SCL, чтобы избежать ложное формирование битов START и STOP.
2. Устройства с высокоскоростным режимом обмена (400кГц) могут использоваться в стандартном режиме (100кГц), но требование T_{su:dat} ≥ 250нс необходимо выполнять. Это условие автоматически будет выполняться, если не возникает удержания линии SCL в низком логическом уровне. Если возникает удержание линии SCL в низком логическом уровне, то необходимо сформировать бит данных на SDA T_{r,max} + T_{su:dat} = 1000 + 250 = 1250 нс (согласно спецификации I²C) прежде, чем SCL будет "отпущена".

30.21 Пример временных диаграмм и параметров модуля MSSP в режиме I²C

Рис. 30-15 Пример временной диаграммы формирования битов START/STOP на шине I²C

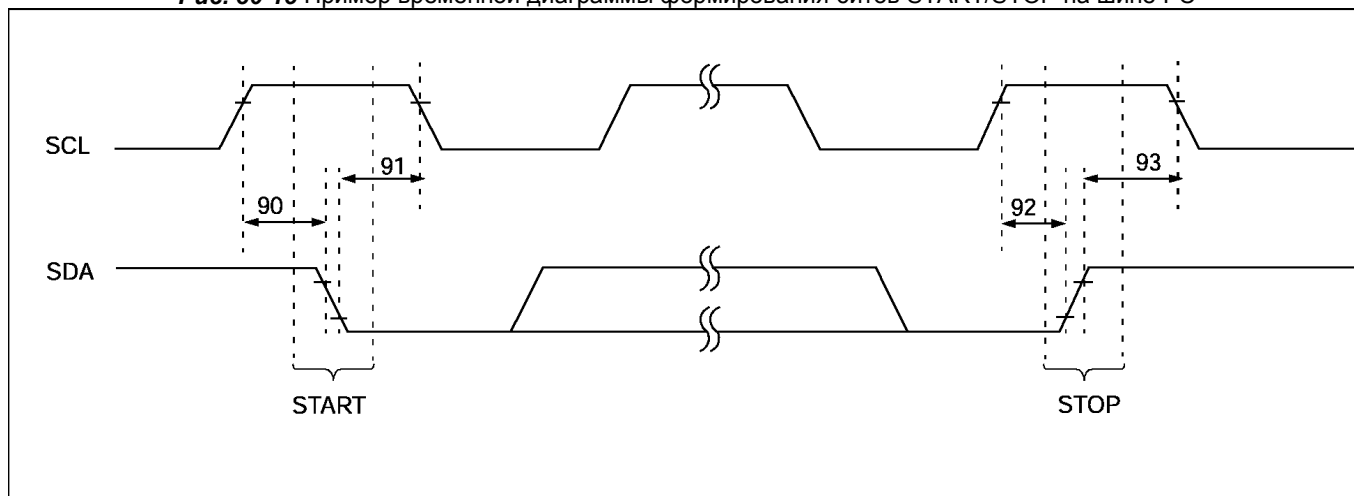
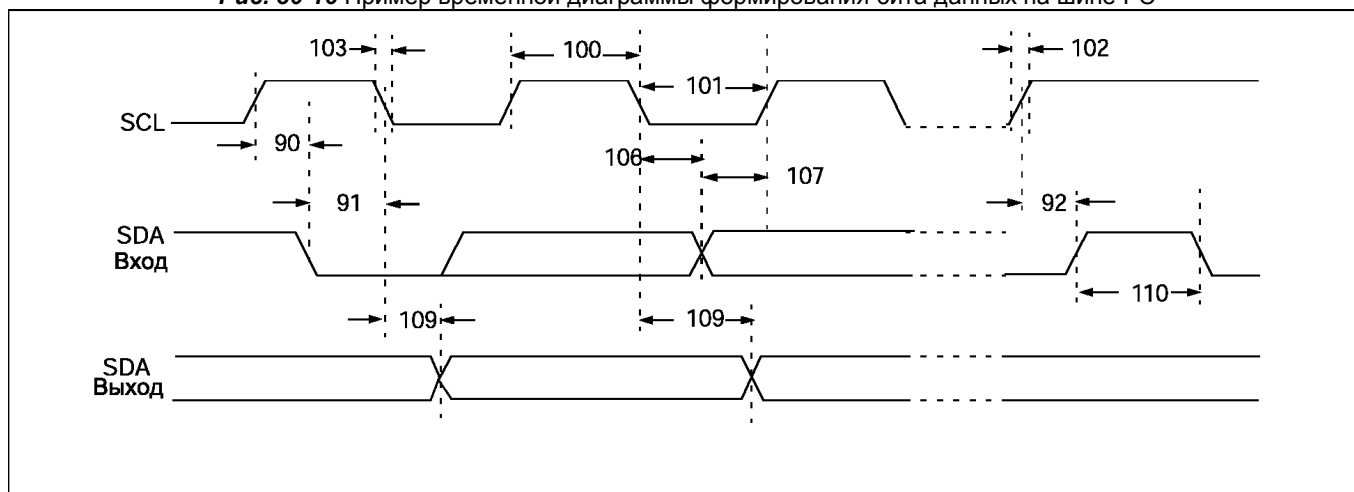


Таблица 30-27 Пример параметров формирования битов START/STOP на шине I²C

№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание	
90	Tsu:sta	Установка условия START	Режим 100 кГц	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	-	нс	Только при формировании бита повторный START
			Режим 400 кГц	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	-		
			Режим 1 МГц [†]	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	-		
91	Thd:sta	Удержание условия START	Режим 100 кГц	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	-	нс	После этого форм. первый импульс тактового сигнала
			Режим 400 кГц	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	-		
			Режим 1 МГц [†]	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	-		
92	Tsu:sto	Установка условия STOP	Режим 100 кГц	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	-	нс	
			Режим 400 кГц	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	-		
			Режим 1 МГц [†]	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	-		
93	Thd:sto	Удержание условия STOP	Режим 100 кГц	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	-	нс	
			Режим 400 кГц	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	-		
			Режим 1 МГц [†]	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	-		

[†] - Параметры соответствуют требованию проекта (см. рисунок А-11 приложения).

Примечание 1. Максимальная емкость вывода 10пФ (для всех выводов I²C).

Рис. 30-16 Пример временной диаграммы формирования бита данных на шине I²CТаблица 30-26 Пример параметров формирования бита данных на шине I²C

№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Макс.	Ед.	Примечание	
100	Thigh	Длительность высокого уровня тактового сигнала	Режим 100 кГц	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	мкс	
			Режим 400 кГц	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	мкс	
			Режим 1 МГц ¹	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	мкс	
101	Tlow	Длительность низкого уровня тактового сигнала	Режим 100 кГц	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	мкс	
			Режим 400 кГц	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	мкс	
			Режим 1 МГц ¹	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	мкс	
102	Tr	Долит. переднего фронта на SDA и SCL	Режим 100 кГц	-	1000	нс	10пФ ≤ Cb ≤ 400пФ
			Режим 400 кГц	$20 + 0.1 Cb$	300	нс	
			Режим 1 МГц ¹	-	300	нс	
103	Tf	Долит. заднего фронта на SDA и SCL	Режим 100 кГц	-	300	нс	10пФ ≤ Cb ≤ 400пФ
			Режим 400 кГц	$20 + 0.1 Cb$	300	нс	
			Режим 1 МГц ¹	-	100	нс	
90	Tsu:sta	Установка условия START	Режим 100 кГц	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	мкс	Только при формировании бита повторный START
			Режим 400 кГц	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	мкс	
			Режим 1 МГц ¹	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	мкс	
91	Thd:sta	Удержание условия START	Режим 100 кГц	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	мкс	После этого форм. первый импульс тактового сигнала
			Режим 400 кГц	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	мкс	
			Режим 1 МГц ¹	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	мкс	
106	Thd:dat	Удержание данных на входе	Режим 100 кГц	0	-	нс	
			Режим 400 кГц	0	0.9	мкс	
			Режим 1 МГц ¹	TBD	-	нс	
107	Tsu:dat	Установка данных на входе	Режим 100 кГц	250	-	нс	Примечание 2
			Режим 400 кГц	100	-	нс	
			Режим 1 МГц ¹	TBD	-	нс	
92	Tsu:sto	Установка условия STOP	Режим 100 кГц	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	мкс	
			Режим 400 кГц	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	мкс	
			Режим 1 МГц ¹	$2(T_{osc})(BRG+1)^+$	-	мкс	
109	Taa	Достоверность сигнала на выходе	Режим 100 кГц	-	3500	нс	
			Режим 400 кГц	-	1000	нс	
			Режим 1 МГц ¹	-	-	нс	
110	Tbuf	Время не занятости шины	Режим 100 кГц	4.7*	-	мкс	Задержка перед новой передачей
			Режим 400 кГц	1.3*	-	мкс	
			Режим 1 МГц ¹	TBD	-	мкс	
	Cb	Емкостная нагрузка линии	-	400	пФ		

⁺ - Параметры соответствуют требованию проекта (см. рисунок А-11 приложения).

* - Эти параметры определены, но не протестированы.

Примечания:

1. Максимальная емкость вывода 10пФ (для всех выводов I²C).
2. Устройства с высокоскоростным режимом обмена (400кГц) могут использоваться в стандартном режиме (100кГц), но требование $T_{su:dat} \geq 250$ нс необходимо выполнять. Это условие автоматически будет выполняться, если не возникает удержания линии SCL в низком логическом уровне. Если возникает удержание линии SCL в низком логическом уровне, то необходимо сформировать бит данных на SDA $T_{r,max} + T_{su:dat} = 1000 + 250 = 1250$ нс (согласно спецификации I2C) прежде, чем SCL будет "отпущена".

30.22 Пример временных диаграмм и параметров USART

Рис. 30-17 Пример временной диаграммы работы передатчика USART в ведущем/ведомом синхронном режиме

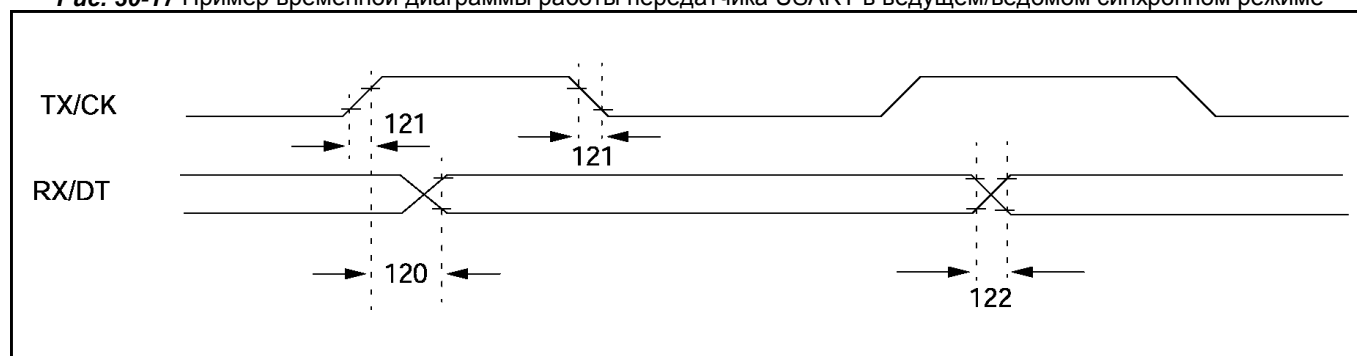


Таблица 30-29 Пример параметров работы передатчика USART в ведущем/ведомом синхронном режиме

№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание
120	TckH2dtV	Действ. данные после перехода такт. сигнала в высокий уровень	C	-	-	80	нс
			LC	-	-	100	нс
121	Tckrf	Длительность заднего/переднего фронта такт. сигн. (ведущий)	C	-	-	45	нс
			LC	-	-	50	нс
122	Tdtrf	Длительность переднего/заднего фронта данных	C	-	-	45	нс
			LC	-	-	50	нс

** - В столбце "Тип." приведены параметры при $V_{DD}=5.0V @ 25^{\circ}C$, если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

Рис. 30-18 Пример временной диаграммы работы приемника USART в ведущем/ведомом синхронном режиме

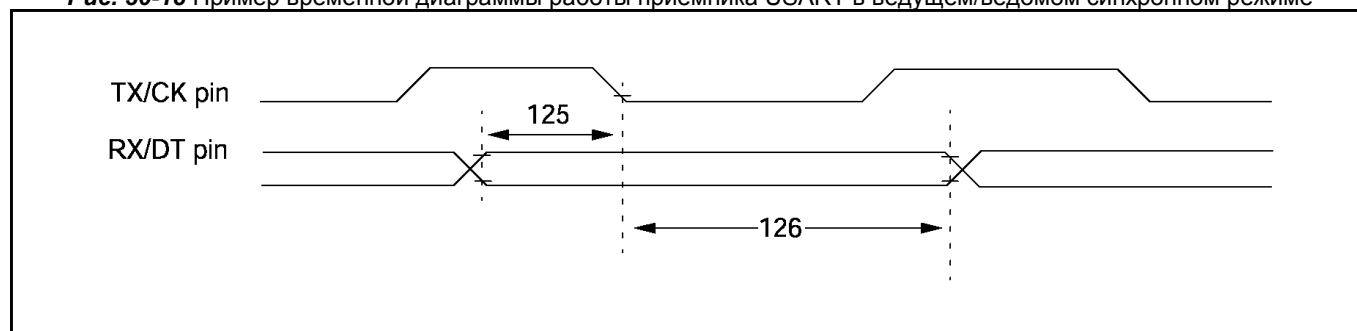


Таблица 30-30 Пример параметров работы приемника USART в ведущем/ведомом синхронном режиме

№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание
125	TdtV2ckL	Установка данных после СК↓	15	-	-	нс	
126	TckL2dl	Удержание данных после СК↓	15	-	-	нс	

** - В столбце "Тип." приведены параметры при $V_{DD}=5.0V @ 25^{\circ}C$, если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

30.23 Пример временных диаграмм и параметров 8 - разрядного АЦП

Таблица 30-31 Пример параметров работы 8 - разрядного АЦП

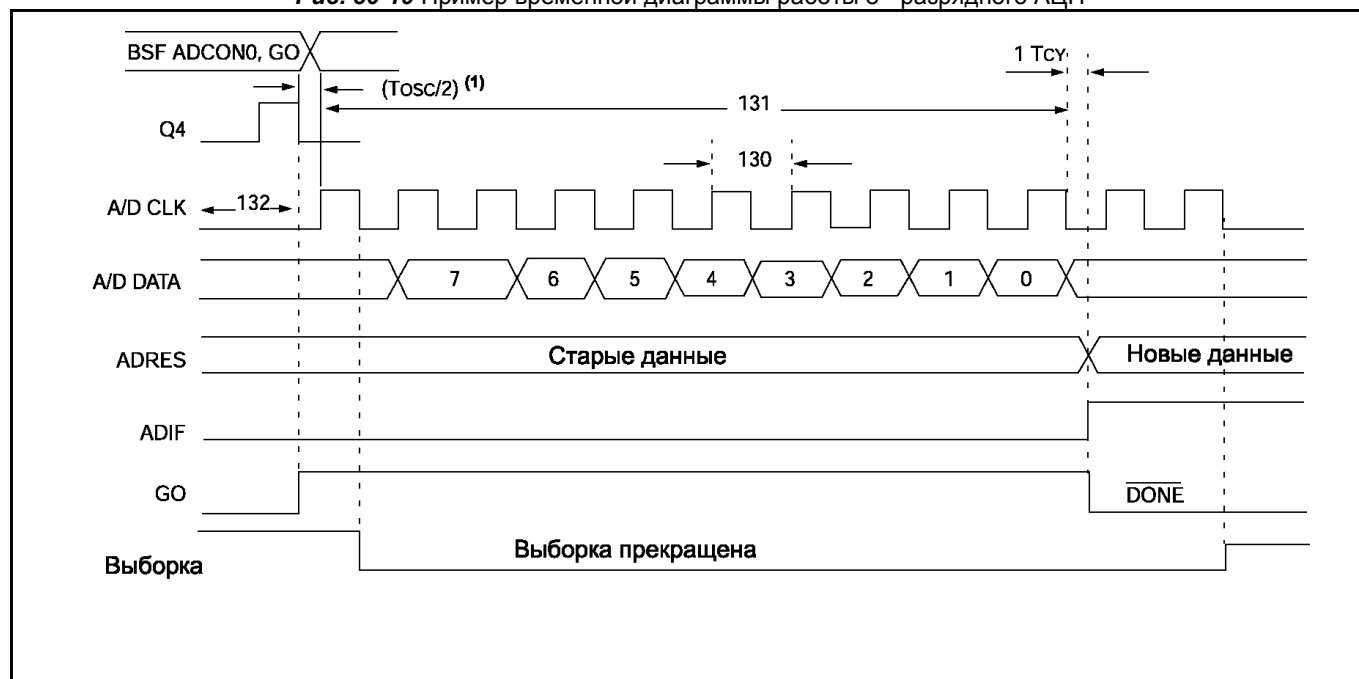
№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип**	Макс.	Ед.	Примечание	
A01	N _R	Разрядность	-	-	8	бит	$V_{REF} = V_{DD} = 5.12B$, $V_{SS} \leq V_{AIN} \leq V_{REF}$	
A02	E _{ABS}	Абсолютная погрешность	-	-	$< \pm 1$	LSb	$V_{REF} = V_{DD} = 5.12B$, $V_{SS} \leq V_{AIN} \leq V_{REF}$	
A03	E _{IL}	Интегральная погрешность	-	-	$< \pm 1$	LSb	$V_{REF} = V_{DD} = 5.12B$, $V_{SS} \leq V_{AIN} \leq V_{REF}$	
A04	E _{DL}	Дифференциальная погрешность	-	-	$< \pm 1$	LSb	$V_{REF} = V_{DD} = 5.12B$, $V_{SS} \leq V_{AIN} \leq V_{REF}$	
A05	E _{FS}	Ошибка полной шкалы	-	-	$< \pm 1$	LSb	$V_{REF} = V_{DD} = 5.12B$, $V_{SS} \leq V_{AIN} \leq V_{REF}$	
A06	E _{OFF}	Ошибка смещения	-	-	$< \pm 2$	LSb	$V_{REF} = V_{DD} = 5.12B$, $V_{SS} \leq V_{AIN} \leq V_{REF}$	
A10	-	Монотонность	Гарантируется			-	$V_{SS} \leq V_{AIN} \leq V_{REF}$	
A20	V _{REF}	Опорное напряжение	3.0	-	V _{DD} + 0.3	B		
A25	V _{AIN}	Аналоговый вход	V _{SS} - 0.3	-	V _{REF} + 0.3	B		
A30	Z _{AIN}	Сопrotивление источника сигн.	-	-	10.0	кОм		
A40	I _{AD}	Потребляемый ток АЦП	C	-	180	-	мкА	Среднее потребление при включенном АЦП ⁽¹⁾
			LC	-	90	-	мкА	
A50	I _{REF}	Потребляемый ток от источника опорного напряжения ⁽²⁾	10	-	1000	-	мкА	Во время выборки V _{AIN} . Основано на дифференц. значении заряда C _{HOLD} до V _{AIN} . Во время преобразования.
			-	-	10	-	мкА	

** - В столбце "Тип." приведены параметры при V_{DD}=5.0В @ 25°C, если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

Примечания:

1. Выключенный модуль АЦП не потребляет тока, кроме токов утечки.
2. Ток со входа V_{REF} или V_{DD} в зависимости от выбранного источника опорного напряжения.
3. Результат АЦП никогда не уменьшается с увеличением напряжения на входе и не имеет кодов отсутствия напряжения.

Рис. 30-19 Пример временной диаграммы работы 8 - разрядного АЦП



Примечание 1. Если используется внутренний RC генератор для АЦП, то добавляется время T_{CY} перед запуском АЦП, позволяющее выполнить команду SLEEP.

Таблица 32-34 Пример параметров работы 8 - разрядного АЦП

№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание	
130	T_{AD}	Период тактового сигнала АЦП	C	1.6	-	-	мкс	Основа T_{OSC} , $V_{REF} \geq 3.0$ В
			LC	3.0	-	-	мкс	Основа T_{OSC} , $V_{REF} \geq 2.0$ В
			C	2.0	4.0	6.0	мкс	RC генератор АЦП
			LC	3.0	6.0	9.0	мкс	RC генератор АЦП
131	T_{CNV}	Время преобразования ⁽¹⁾	11*	-	12*	T_{AD}		
132	T_{ACQ}	Время выборки	(2)	20	-	мкс	Примечание 3	
			5	-	-	мкс		
134	T_{GO}	Старт преобразования относительно Q4	-	$T_{OSC}/2^{***}$	-	-	Примечание 4	
136	T_{AMP}	Время реакции усилителя	1	-	-	мкс	Примечание 4	
135	T_{SWC}	Время переключения от преобразования к выборке	-	-	-			

* - Эти параметры определены, но не протестированы.

** - В столбце "Тип." приведены параметры при $V_{DD}=5.0$ В @ 25°C, если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

Примечания:

1. Регистр ADRES может быть прочитан в следующем цикле.
2. Смотрите раздел "8 - разрядное АЦП" для выбора минимального значения.
3. Минимальное время - задержка усилителя. Может использоваться, если напряжение на входе изменилось не более, чем на 1 LSb (т.е. 20мВ @ 5.12В) от последнего измерения.
4. Если используется внутренний RC генератор для АЦП, то добавляется время T_{CY} перед запуском АЦП, позволяющее выполнить команду SLEEP.

30.24 Пример временных диаграмм и параметров 10 - разрядного АЦП

Таблица 30-33 Пример параметров работы 10 - разрядного АЦП

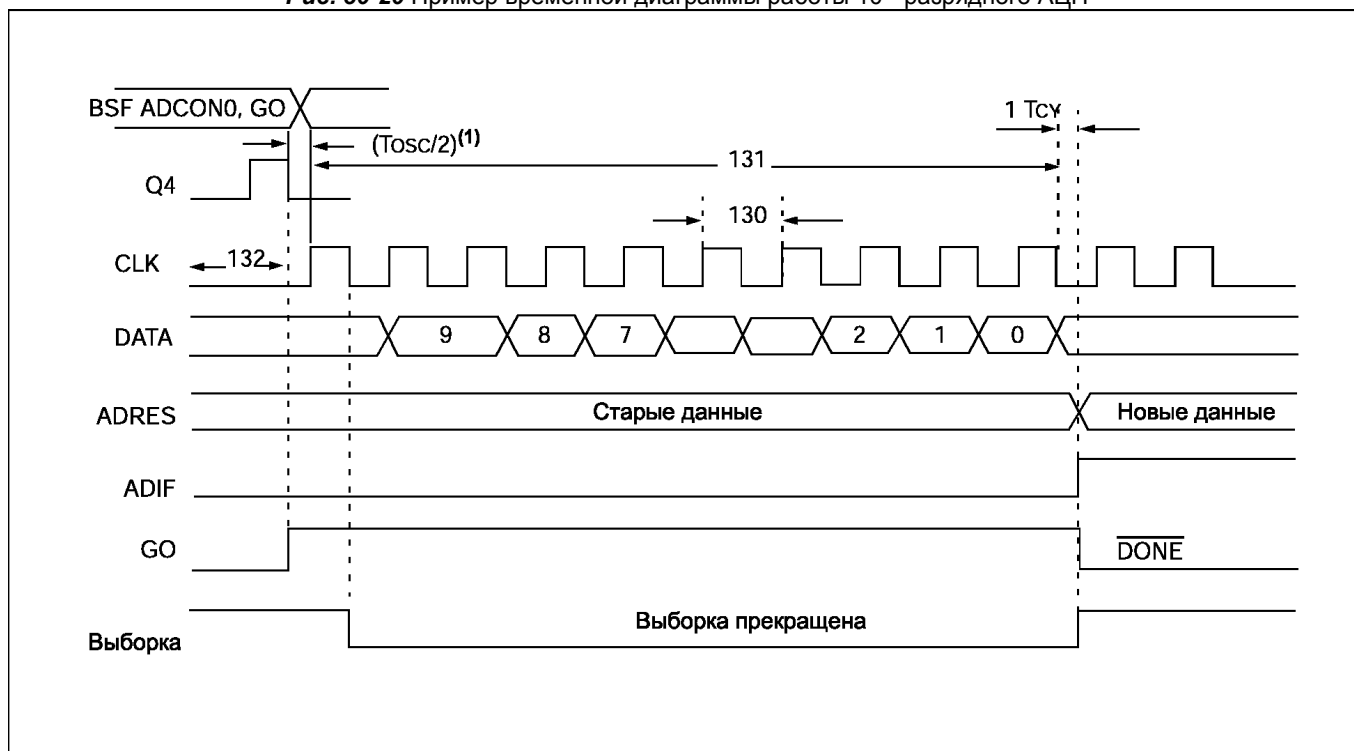
№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип**	Макс.	Ед.	Примечание	
A01	N _R	Разрядность	-	-	10	бит	$V_{REF} = V_{DD} = 5.12В,$ $V_{SS} \leq V_{AIN} \leq V_{REF}$	
A02	E _{ABS}	Абсолютная погрешность	-	-	$< \pm 1$	LSb	$V_{REF} = V_{DD} = 5.12В,$ $V_{SS} \leq V_{AIN} \leq V_{REF}$	
A03	E _{IL}	Интегральная погрешность	-	-	$< \pm 1$	LSb	$V_{REF} = V_{DD} = 5.12В,$ $V_{SS} \leq V_{AIN} \leq V_{REF}$	
A04	E _{DL}	Дифференциальная погрешность	-	-	$< \pm 1$	LSb	$V_{REF} = V_{DD} = 5.12В,$ $V_{SS} \leq V_{AIN} \leq V_{REF}$	
A05	E _{FS}	Ошибка полной шкалы	-	-	$< \pm 1$	LSb	$V_{REF} = V_{DD} = 5.12В,$ $V_{SS} \leq V_{AIN} \leq V_{REF}$	
A06	E _{OFF}	Ошибка смещения	-	-	$< \pm 2$	LSb	$V_{REF} = V_{DD} = 5.12В,$ $V_{SS} \leq V_{AIN} \leq V_{REF}$	
A10	-	Монотонность	Гарантируется			-	$V_{SS} \leq V_{AIN} \leq V_{REF}$	
A20 A20A	V _{REF}	Опорное напряжение (V _{REF+} -V _{REF-})	2.0	-	V _{DD} + 0.3	В	Для 10 - раз. результата	
A21	V _{REF+}	Положительное опорное напр.	AV _{SS}	-	AV _{DD} + 0.3	В		
A22	V _{REF-}	Отрицательное опорное напр.	AV _{SS} - 0.3	-	AV _{DD}	В		
A25	V _{AIN}	Аналоговый вход	AV _{SS} - 0.3	-	V _{REF} + 0.3	В		
A30	Z _{AIN}	Сопrotивление источника сигн.	-	-	10.0	кОм		
A40	I _{AD}	Потребляемый ток АЦП	C	-	180	-	мкА	Среднее потребление при включенном АЦП ⁽¹⁾
			LC	-	90	-	мкА	
A50	I _{REF}	Потребляемый ток от источника опорного напряжения ⁽²⁾	10	-	1000	мкА	Во время выборки V _{AIN} . Основано на дифференц. значении заряда C _{HOLD} до V _{AIN} . Во время преобразования.	
			-	-	10	мкА		

** - В столбце "Тип." приведены параметры при V_{DD}=5.0В @ 25°C, если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

Примечания:

1. Выключенный модуль АЦП не потребляет тока, кроме токов утечки.
2. Ток со входа V_{REF} или V_{DD} в зависимости от выбранного источника опорного напряжения.
3. Результат АЦП никогда не уменьшается с увеличением напряжения на входе и не имеет кодов отсутствия напряжения.

Рис. 30-20 Пример временной диаграммы работы 10 - разрядного АЦП



Примечание 1. Если используется внутренний RC генератор для АЦП, то добавляется время T_{CY} перед запуском АЦП, позволяющее выполнить команду SLEEP.

Примечание 2. Минимальная задержка RC цепочки (номинальное значение 100нс) включая отсоединение внутреннего конденсатора C_{HOLD} от аналогового входа.

Таблица 30-34 Пример параметров работы 10 - разрядного АЦП

№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание	
130	T_{AD}	Период тактового сигнала АЦП	C	1.6	-	-	мкс	Основа T_{OSC} , $V_{REF} \geq 3.0$ В
			LC	3.0	-	-	мкс	Основа T_{OSC} , $V_{REF} \geq 2.0$ В
			C	2.0	4.0	6.0	мкс	RC генератор АЦП
			LC	3.0	6.0	9.0	мкс	RC генератор АЦП
131	T_{CNV}	Время преобразования ⁽¹⁾	11*	-	12*	T_{AD}		
132	T_{ACQ}	Время выборки ⁽³⁾	15	-	-	мкс	от -40°C до +125°C	
			10	-	-	мкс	от 0°C до +125°C	
136	T_{AMP}	Время реакции усилителя	1	-	-	мкс	Примечание 5	
135	T_{SWC}	Время переключения от преобразования к выборке	-	-	-		Примечание 4	

* - Эти параметры определены, но не протестированы.

** - В столбце "Тип." приведены параметры при $V_{DD}=5.0$ В @ 25°C, если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

Примечания:

1. Регистр ADRES может быть прочитан в следующем цикле.
2. Смотрите раздел "10 - разрядное АЦП" для выбора минимального значения.
3. Время заряда конденсатора C_{HOLD} до входного напряжения, когда изменение напряжения соответствует полной шкале (переход от AV_{DD} к AV_{SS} или от AV_{SS} к AV_{DD}).
4. В следующем цикле на такте Q4.
5. Минимальное время - задержка усилителя. Может использоваться, если напряжение на входе изменилось не более, чем на 1 LSb (т.е. 20мВ @ 5.12В) от последнего измерения.

30.25 Пример временных диаграмм и параметров интегрирующего АЦП

Рис. 30-21 Пример временной диаграммы работы интегрирующего АЦП

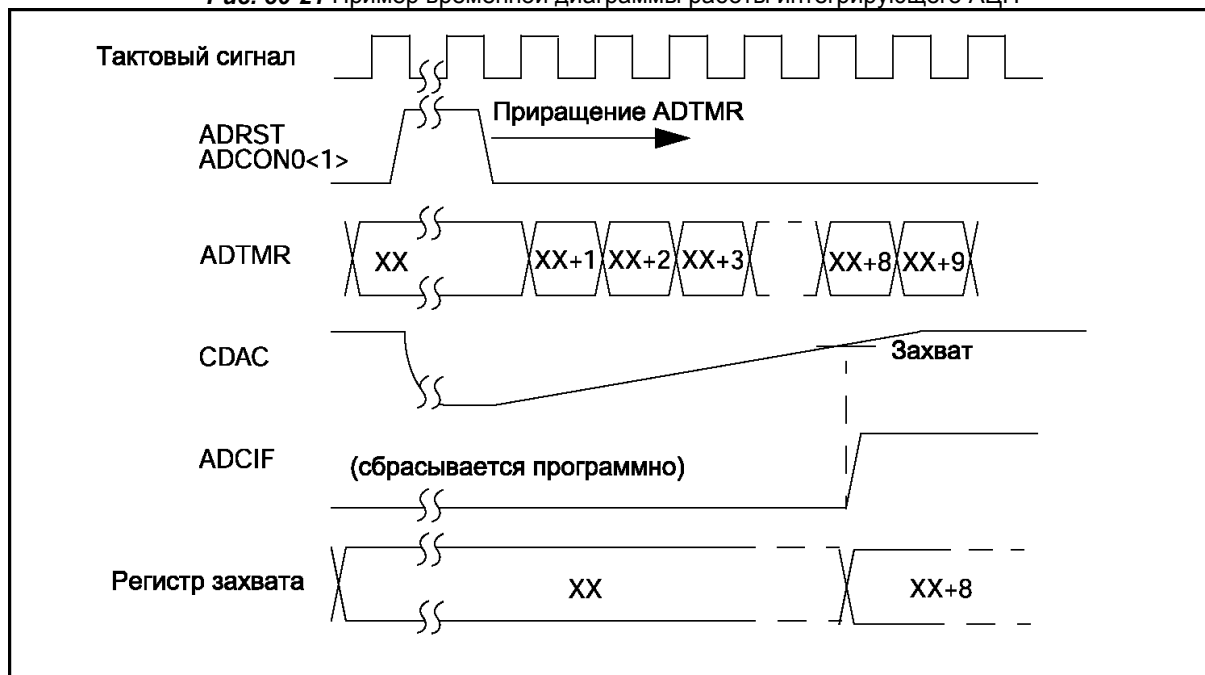


Таблица 30-35 Пример характеристик интегрирующего АЦП

Характеристики по постоянному току		Стандартные рабочие условия (если не указано иное)					
		Температурный диапазон: Коммерческий $0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +70^{\circ}\text{C}$ Промышленный $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ Расширенный $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ Параметры напряжения питания смотрите в таблице 30-3.					
№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание
		Компаратор АЦП					
A100	V_{AIN}	Диапазон входного сигнала	V_{SS}	-	$V_{DD}-1.4$	В	В общем режиме $V_{DD} = 5\text{В}, T_A = 25^{\circ}\text{C}$
A101		Смещение входа	-10	2	10	мВ	
A102	G_{DV}	Дифференциальное усиление ⁽¹⁾	-	100	-	дБ	
A103	CMRR	Фильтрация в общем режиме ⁽¹⁾	-	80	-	дБ	
A104	RR _{ADC}	Фильтрация по питанию ⁽¹⁾	-	70	-	дБ	$T_A = 25^{\circ}\text{C},$ $V_{DDMIN} \leq V_{DD} \leq V_{DDMAX}$
		Время реакции					
140	T_{SET}	Источник опорного напряжения (< 0.1%) ⁽¹⁾	-	1	10	мс	Перевод бита REFOFF в регистре SLPCON из 1 в 0 Генератор линейно нарастающего напряжения (REFOFF 1→0), старт. REFOFF = 0, ADCON1<7:4> 0000b → 1111b
141		Программируемый источник тока (< 0.1%) ⁽¹⁾	-	1	10	мс	
141A			-	1	10	мс	
		Температурные коэффициенты ⁽¹⁾					
A110	TC_{BGR}	Источник опорного напряжения	-	+50		ppm/°C	$-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +25^{\circ}\text{C}$ $+25^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$
A110A			-	-50		ppm/°C	
A111	TC_{PCS}	Программ. источник тока	-	-20		%/°C	$0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +25^{\circ}\text{C}$ $+25^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +70^{\circ}\text{C}$
A112	TC_{kref}	Делитель опорного напряжения	-	-0.1		%/°C	$-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +25^{\circ}\text{C}$ $+25^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$
		Точность калибровки ^(3,5)					
A120	CA	Источник опорного напряжения	-	0.01	-	%	$V_{DD} = 5\text{В}, T_A = 25^{\circ}\text{C}$
A121	CA _{BRG} CA _{SRV}	Делитель опорного напряжения	-	0.02	-	%	
		Чувствительность к напряжению питания ⁽¹⁾					
A130	SN	Источник опорного напряжения	-	0.04	-	%/В	$V_{DDMIN} \leq V_{DD} \leq V_{DDMAX}$ $V_{DDMIN} \leq V_{DD} \leq V_{DDMAX}$ $V_{DDMIN} \leq V_{DD} \leq V_{DDMAX}$
A131	SN _{BRG} SN _{PCS}	Программ. источник тока	-	0.2	-	%/В	
A132	SN _{kref}	Делитель опорного напряжения	-	0.02	-	%/В	
		Программируемый источник тока					
A140	I _{RES}	Разрешение	1.25	2.25	3.25	мкА	1 Lsb
A141	E _{IL}	Ошибка линейности	-1/2		+1/2	Lsb	CDAC=0B

30.26 Пример временных диаграмм и параметров модуля LCD

Рис. 30-22 Пример временной диаграммы работы модуля LCD

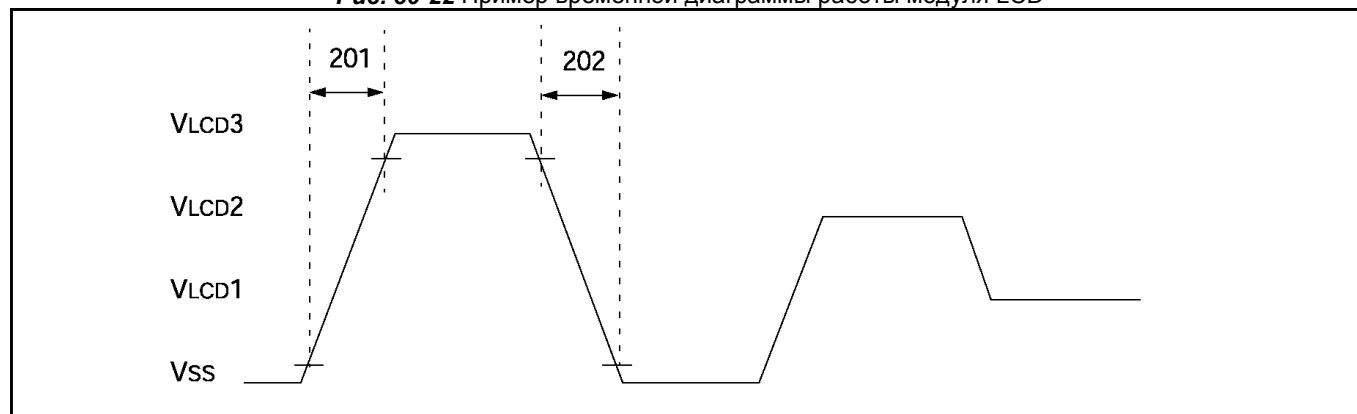


Таблица 30-36 Пример характеристик модуля LCD

№ пар.	Обоз.	Описание	Мин.	Тип.**	Макс.	Ед.	Примечание
200	F_{LCDRC}	Частота RC генератора LCD	-	14	22	кГц	$V_{DD} = 5В, -40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$
201	T_{rLCD}	Длительность переднего фронта сигнала на выходе LCD	-	-	200	мкс	Нагрузка COM выв. = 5нФ, Нагрузка SEG выв. = 500пФ $V_{DD} = 5В, T_A = 25^{\circ}C$
202	T_{fLCD}	Длительность заднего фронта сигнала на выходе LCD ⁽¹⁾	$T_{rLCD} - 0.05T_{rLCD}$	-	$T_{rLCD} + 0.05T_{rLCD}$	мкс	Нагрузка COM выв. = 5нФ, Нагрузка SEG выв. = 500пФ $V_{DD} = 5В, T_A = 25^{\circ}C$

** - В столбце "Тип." приведены параметры при $V_{DD}=5.0В @ 25^{\circ}C$, если не указано иное. Эти параметры являются ориентировочными, используются при разработке устройств и не измеряются.

Примечание 1. Внутренне сопротивление V_{LCD} 0 Ом.

30.27 Ответы на часто задаваемые вопросы

На момент выполнения перевода в оригинальной технической документации вопросы отсутствовали. Если у вас есть вопрос, задайте его, написав нам письмо по адресу support@microchip.ru.

30.28 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 электрическими характеристиками микроконтроллеров PICmicro MCU:

Документ	Номер
----------	-------

В настоящее время документы не подготовлены

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

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

(095) 963-9601

(095) 737-7545

и адресу sales@microchip.ru

На сайте

www.microchip.ru

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