

# Изучение интерфейса I<sup>2</sup>C

*Методические указания к лабораторной работе на учебном стенде LESO1.*

- Краткие теоретические сведения:
  - Характеристики шины I<sup>2</sup>C
  - Протокол передачи данных по шине I<sup>2</sup>C
- Задание к работе в лаборатории
- Указания к составлению отчета

## 1 Цель работы

1. Изучить особенности протокола I<sup>2</sup>C
2. Изучить схему подключения микросхемы часов реального времени к микроконтроллеру.
3. Изучить особенности работы микросхемы часов реального времени.
4. Написать программу обмена информацией между микроконтроллером и микросхемой часов реального времени.

## 2 Предварительная подготовка к работе

1. По конспекту лекций и рекомендуемой литературе изучить протокол I<sup>2</sup>C.
2. По конспекту лекций и рекомендуемой литературе изучить принцип работы модуля I<sup>2</sup>C/SPI микроконтроллера.
3. По конспекту лекций и рекомендуемой литературе изучить принцип работы микросхемы часов реального времени.
4. Составить алгоритм работы программы, соответственно заданию.
5. Составить программу на языке программирования C.

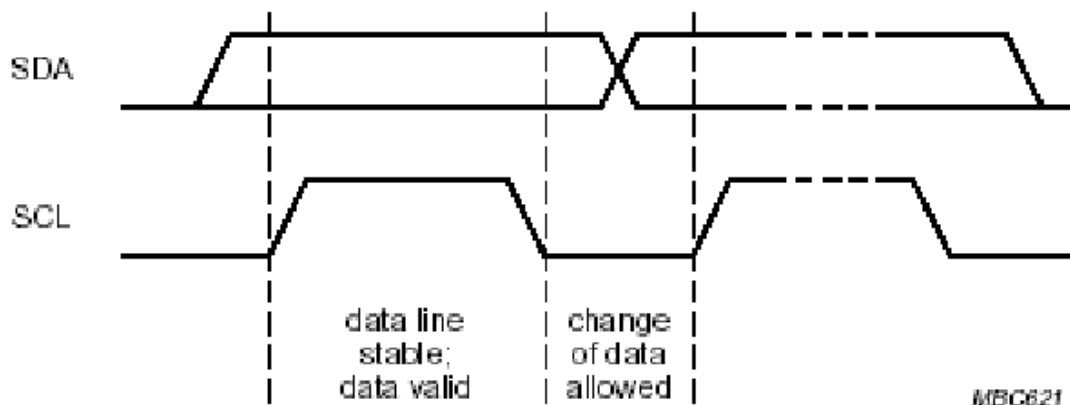
## 3 Краткие теоретические сведения

### 3.1 Характеристики шины I<sup>2</sup>C

Шина I<sup>2</sup>C - это двунаправленная шина, соединяющая между собой различные интегральные схемы или модули. Она содержит 2 линии: линию передачи данных (SDA) и линию синхронизации (SCL). Обе линии должны подключаться к положительному полюсу источника питания через нагрузочный резистор. Передача данных может осуществляться только в том случае, если шина не занята.

#### 3.1.1 Передача бита данных (см. рисунок 1)

За время каждого импульса синхронизации передается один бит данных. Уровень сигнала на линии SDA должен оставаться постоянным в течение того времени, когда по линии синхронизации передается импульс высокого уровня - любое изменение сигнала на линии данных в этот период будет воспринято как контрольный сигнал.



Data line stable; data valid - уровень сигнала на линии данных не изменяется; сигнал воспринимается корректно  
 change of data allowed - разрешено изменение сигнала

Рисунок 1. Передача бита данных

### 3.1.2 Старт- и стоп-состояния (см. рисунок 2)

Когда шина не занята, на обеих линиях - данных и синхронизации - поддерживается высокий уровень сигнала.

Состояние "старт" характеризуется переходом от "1" к "0" на линии данных при наличии "1" на линии синхронизации (S).

Состояние "стоп" характеризуется переходом от "0" к "1" на линии данных при наличии "1" на линии синхронизации (P).

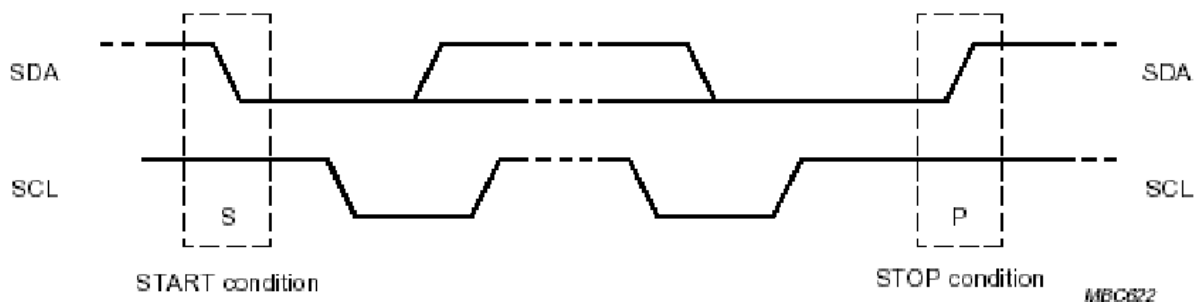
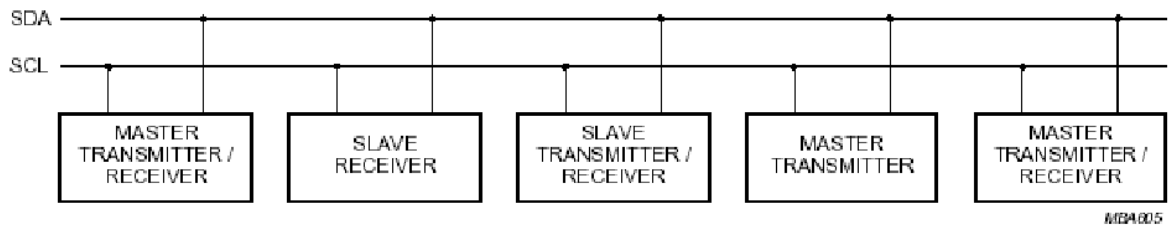


Рисунок 2. Состояния "старт" и "стоп"

### 3.1.3 Конфигурация шины (см. рисунок 3)

Устройство, генерирующее некоторое сообщение, является "передатчиком", а устройство, принимающее сообщение - "приемником".

Устройство, контролирующее передачу, является "мастером", а устройство, контролируемое мастером - "слейв-устройство" (ведомое, подчиненное).



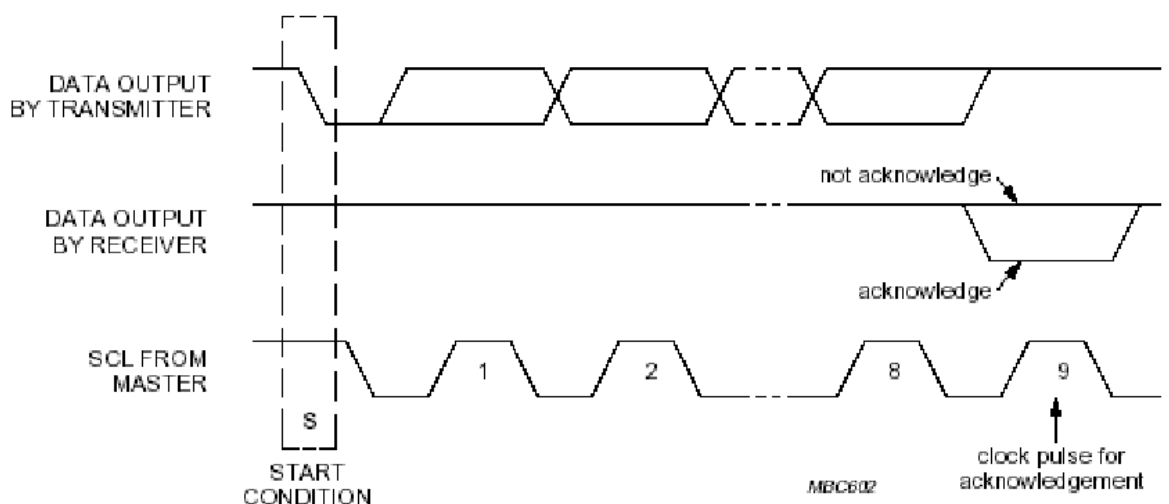
Master transmitter/receiver - мастер-передатчик (приемник)  
 Slave receiver - слейв-приемник (подчиненный приемник)  
 Slave transmitter/receiver - слейв-передатчик (приемник), или подчиненный передатчик (приемник)  
 Master transmitter - мастер-передатчик

Рисунок 3. Конфигурация шины

### 3.1.4 Подтверждение приема сообщения (см. рисунок 5)

Количество байт данных, передаваемых передатчиком между состояниями "старт" и "стоп", может быть любым. После передачи каждого байта (т.е. 8 бит) происходит передача бита подтверждения. Этот сигнал уровня "1" передатчик выставляет на шине в течение синхронизирующего импульса. Слейв-приемник, который был адресован, должен генерировать бит подтверждения после приема каждого байта данных. Точно также и мастер-приемник должен генерировать бит подтверждения после приема каждого байта, переданного подчиненным передатчиком.

Устройство, которое подтверждает прием (передачу), должно выставить "0" на линии SDA в течение синхронизирующего импульса - т.е. на линии SDA должен сохраняться "0", пока на линии SCL выставлена "1" (следует принимать во внимание временные соотношения, связанные с установкой и удержанием сигнала на линии). Мастер-приемник сигнализирует об окончании приема данных тем, что он **не** генерирует бит подтверждения после приема последнего байта, переданного подчиненным передатчиком. В этом случае передатчик должен выдать "1" на линию SDA - тогда мастер сможет сгенерировать "стоп-состояние".



Data output by transmitter - данные, передаваемые передатчиком  
 Data output by receiver - данные, передаваемые приемником  
 SCL from master - линия SCL, на которую поступают данные от устройства-мастера  
 Start condition - "старт"-состояние

acknowledge, not acknowledge - бит подтверждения, нет бита подтверждения  
 clock pulse for acknowledgement - сигнал синхронизации для бита подтверждения

Рисунок 5. Подтверждение приема (передачи)

### 3.2 Протокол передачи данных шины I<sup>2</sup>C

#### 3.2.1 Адресация

До того, как на шину I<sup>2</sup>C будут переданы какие-либо данные, происходит адресация нужного устройства. Адресация осуществляется всегда при передаче первого байта после "стартовой" процедуры. Часы/календарь могут выступать в роли подчиненного приемника или подчиненного передатчика. Поэтому для них сигнал синхронизации передается только по входной линии, а данные - в обоих направлениях по линии SDA.

Адрес устройства "часы/календарь" представлен на рисунке 16. Бит A0 относится к адресному выводу A0. При подключении этого вывода к напряжению Vdd или Vss устройство может иметь один или два различных адреса.

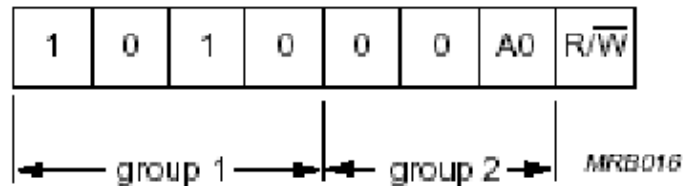
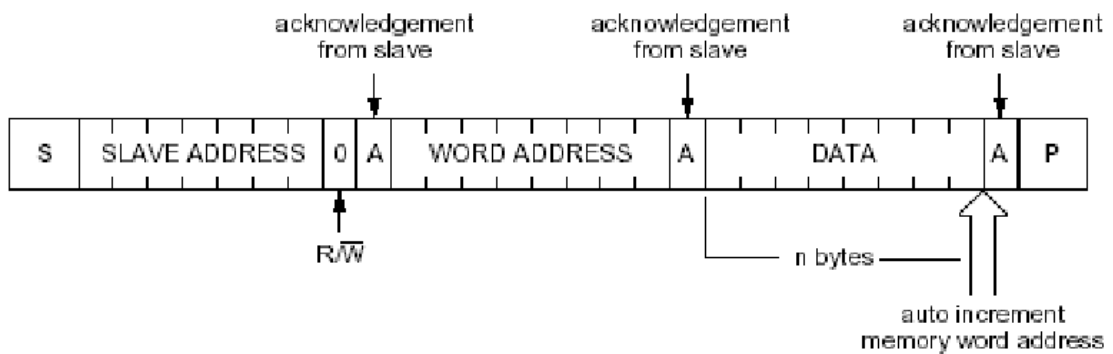


Рисунок 6 Адрес подчиненного устройства

#### 3.2.2 Циклы записи/чтения часов/календаря

Конфигурация шины I<sup>2</sup>C для циклов чтения и записи устройства PCF8583 представлена на рисунках 7, 8 и 9.



Slave address - адрес подчиненного устройства Word address - адрес слова

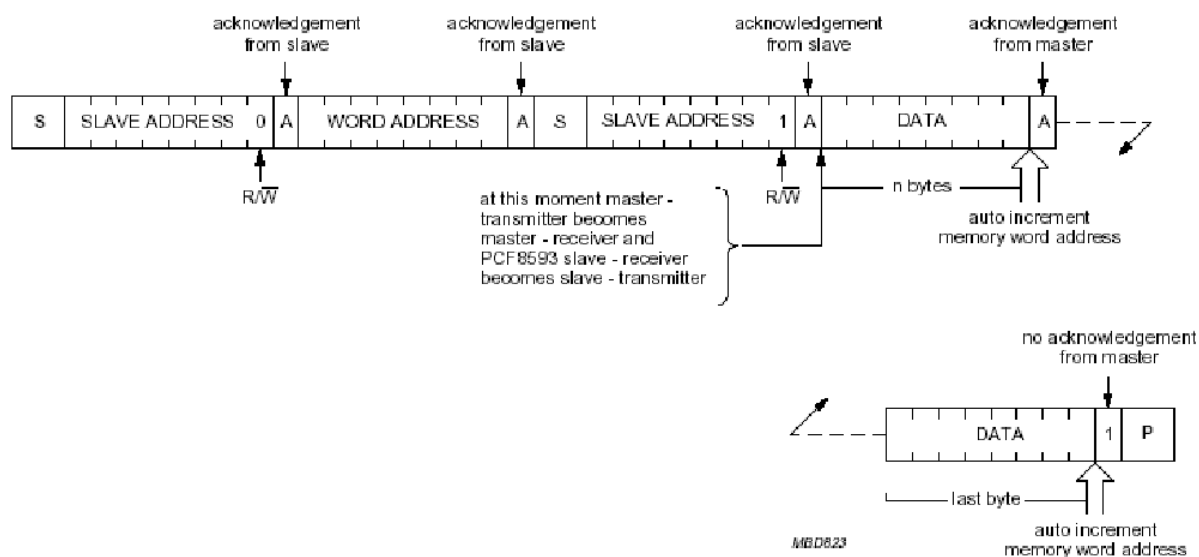
Data - данные

acknowledgement from slave - бит подтверждения, переданный подчиненным устройством

auto increment memory word address - автоматическое инкрементирование (наращивание) адреса слова в памяти

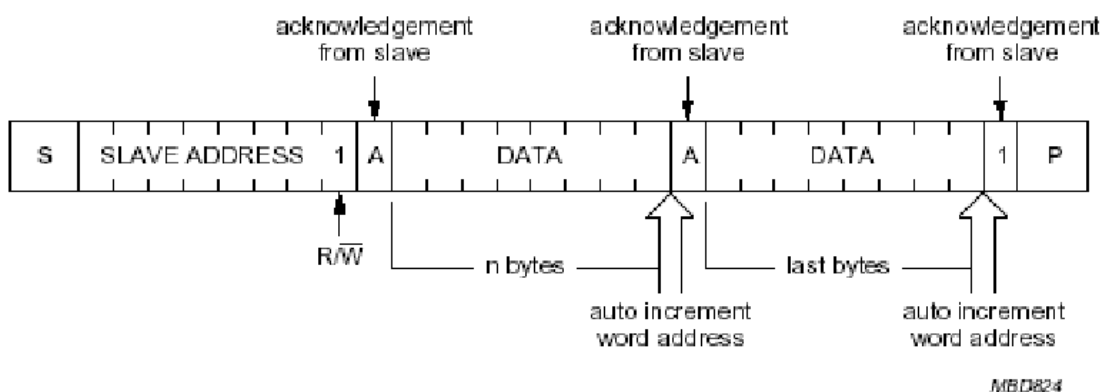
auto increment memory word address - автоматическое инкрементирование (наращивание) адреса слова в памяти

Рисунок 7. Мастер передает данные подчиненному приемнику (режим записи WRITE)



acknowledgement from slave - бит подтверждения, переданный подчиненным устройством  
 acknowledgement from master - бит подтверждения, переданный устройством-мастером  
 at this moment master - transmitter becomes master - receiver and PCF8593 slave - receiver becomes slave - transmitter - в этот момент мастер-передатчик становится мастер-приемником, а устройство PCF8593, которое было подчиненным приемником, становится подчиненным передатчиком  
 auto increment memory word address - автоматическое инкрементирование (наращивание) адреса слова в памяти  
 last byte - последний байт

Рисунок 8. Мастер-устройство читает после установки адреса слова (режим чтения данных)



acknowledgement from slave - бит подтверждения, переданный подчиненным устройством  
 auto increment memory word address - автоматическое инкрементирование (наращивание) адреса слова в памяти

Рисунок 9. Мастер читает данные подчиненного устройства сразу же после передачи первого бита (режим чтения)

## **4 Задание к работе в лаборатории**

### **4.1 Считывание и вывод на экран времени с микросхемы часов реального времени**

1. Разработайте алгоритм программы, выводящей на экран ЖКИ или на экран компьютера время, считанное с микросхемы часов реального времени.
2. По принципиальной схеме учебного стенда LESO1 определите, к каким выводам микроконтроллера ADuC842 подключена микросхема часов реального времени. По документации определите, какие регистры необходимо использовать для настройки и обмена с помощью модуля I2C/SPI. По таблице SFR определите адреса используемых регистров.
3. Разработайте и введите текст программы в соответствии с созданным алгоритмом.
4. Оттранслируйте программу, и исправьте синтаксические ошибки.
5. Загрузите полученный \*.hex файл в лабораторный стенд LESO1.
6. Убедитесь, что на экране появляется время, считанное с микросхемы часов реального времени.

### **4.2 Записывание, считывание и вывод на экран времени с микросхемы часов реального времени (дополнительно)**

1. Измените программу таким образом, чтобы сначала в микросхему часов реального времени записывалось текущее время, затем считывалось и выводилось на экран.
2. Загрузите полученный \*.hex файл в лабораторный стенд LESO1.
3. Убедитесь, что программа работает верно.

## **5 Указания к составлению отчета**

Отчет должен содержать:

1. Цель работы.
2. Принципиальную схему подключения микросхемы часов реального времени к управляющему микроконтроллеру.
3. Структурную схему микросхемы часов реального времени.
4. Диаграммы передачи данных по интерфейсу I2C.
5. Графическую схему алгоритма работы программы.
6. Исходный текст программы.
7. Содержимое файла листинга программного проекта.
8. Выводы по выполненной лабораторной работе.