

## Микропроцесорна системотехника

### Лабораторно упражнение №5

“Изследване на сериен интерфейс SPI на микроконтролера MSP430FR6989”

#### 5.1. Въведение

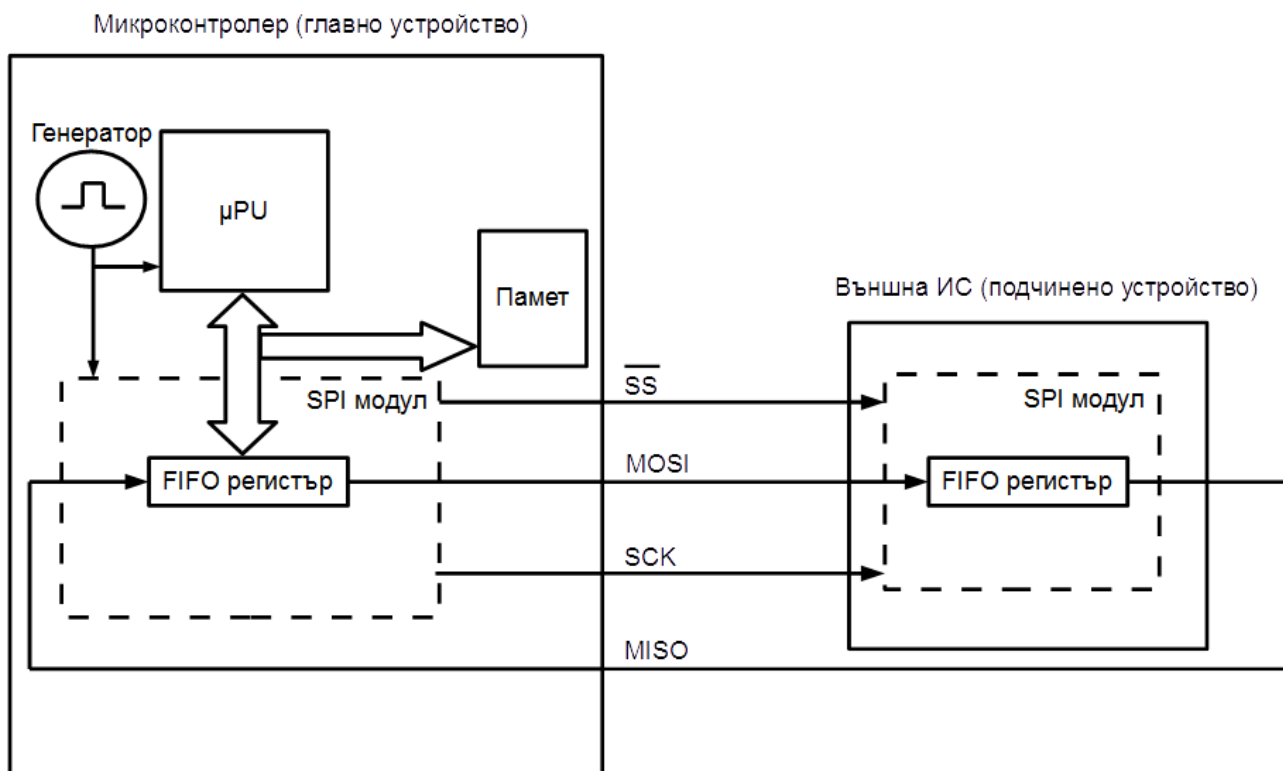
Често използван интерфейс за комуникация между две и повече ИС в рамките на една вградена система е **SPI интерфейсът**, създаден от фирмата Motorola. Това е **сериен, синхронен** интерфейс, използващ до **4 проводника** за обмен на данни (и една маса). Те са:

- **MOSI** (Master output/slave input) – изход на главното устройство/вход на подчиненото.
- **MISO** (Master input/slave output) – вход на главното устройство/изход на подчиненото.
- **SCK** (Slave Clock) – синхронизиращ тактов сигнал, изработван от главното и подаван към подчиненото устройство. Този сигнал определя интерфейса като „синхронен“.
- **SS** (Slave Select) – сигнал за избор на подчинено устройство.

При SPI главното (или още – master) устройство задава синхронизиращия тактов сигнал, спрямо който се предават данните. Със всеки тактов импулс се предава един бит информация в даден момент от времето. Това определя интерфейса като „сериен“. Подчиненото устройство (или още – slave) приема правилно данните благодарение на този сигнал. Генератор на **такт има само в главното устройство**.

Като цяло, SPI интерфейса е сравнително бърз интерфейс при максимално проста реализация. Намира широко приложение при управление на дисплеи, памети и др. Например, SD картите памет имат възможност за обмен на данни и по SPI интерфейс (при по-ниска скорост). По този начин можете да „добавите“ огромен обем памет към система реализирана с по-прост и евтин микроконтролер. Рядкост е някой микроконтролер да няма хардуерен SPI интерфейс. А дори и да няма, софтуерната реализация на този интерфейс е съвсем елементарна.

На **фиг. 5.1** е дадено едно типично свързване на две ИС по SPI интерфейс. От нея се вижда, че предаването на данни става посредством преместващи регистри свързани в една обща верига (chain). Зареждането на данните в преместващия регистър се извършва от микропроцесора и е паралелно.



Фиг. 5.1. Типично свързване на две ИС по SPI интерфейс

Може да се види, че докато се изпращат данни от микроконтролера към подчиненото устройство могат да се изпращат данни от подчиненото устройство към микроконтролера.

По време на преноса, битовете „вървят“ **от най-старшия към най-старшия**, т.е. първо ще бъде приет/изпратен бит 7, след това 6 и т.н. до бит 0. Ако гледаме данните на екрана на осцилоскоп или логически анализатор ще трябва да „четем“ числото по следния начин:

бит 7 → бит 6 → бит 5 → ... → бит 0

Недостатък на интерфейса е необходимостта от повече SS линии, ако се използват повече подчинени устройства (колкото подчинени устройства имаме, толкова SS проводника ще ни трябват).

Протоколът реализира 4 режима (SPI modes) на обмен на данни. В Таблица 1 са дадени тези режими в зависимост от полярността (CPOL) и фронта на тактовия сигнал (или още – фазата на данните спрямо тактовия сигнал, CPHA).

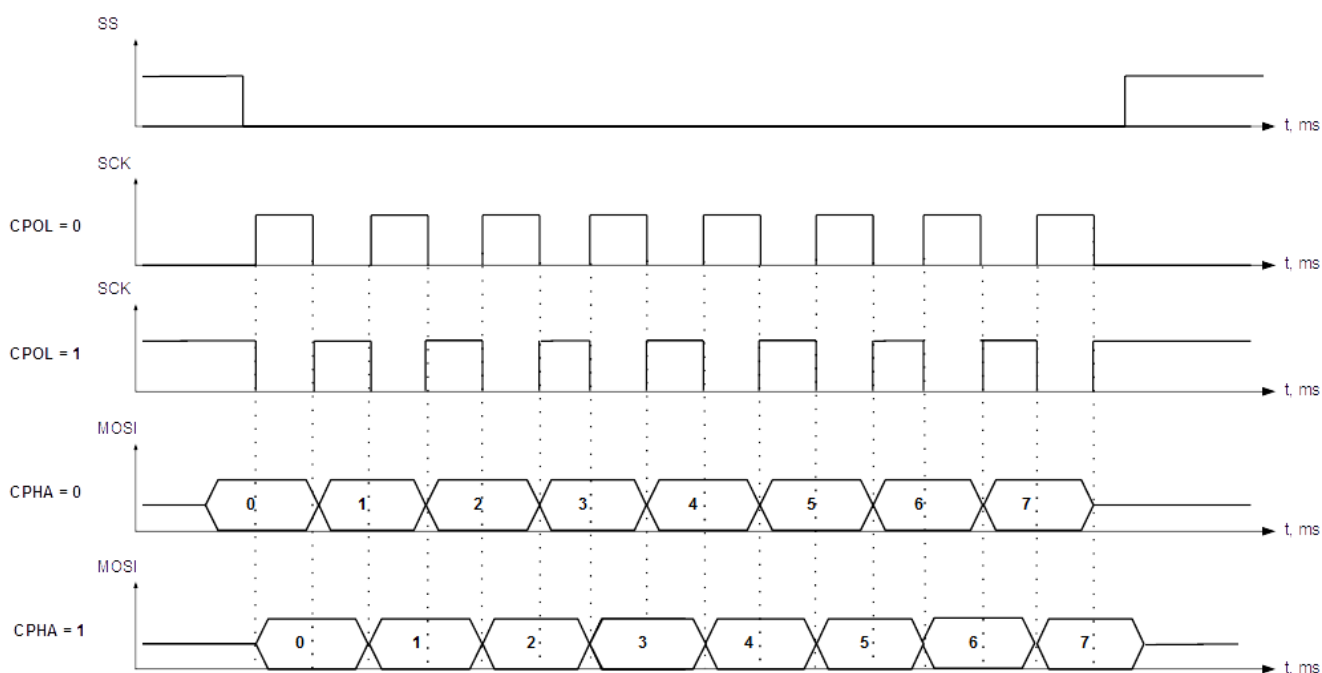
CPOL	CPHA	Режим
0	0	0
0	1	1
1	0	2
1	1	3

**Табл. 1.** Режими на работа според протокола на SPI интерфейса

**CPOL** – определя логическото състояние на проводника, осигуряващ тактов сигнал (SCK), когато по интерфейса няма обмен на данни.

**CPHA** – определя фронта на тактовия сигнал, по който ще се предават данните.

Оригинално тези означения идват от имената на битовете на конфигуриращи регистри за SPI модул на микроконтролера MC68HC11 на Motorola.



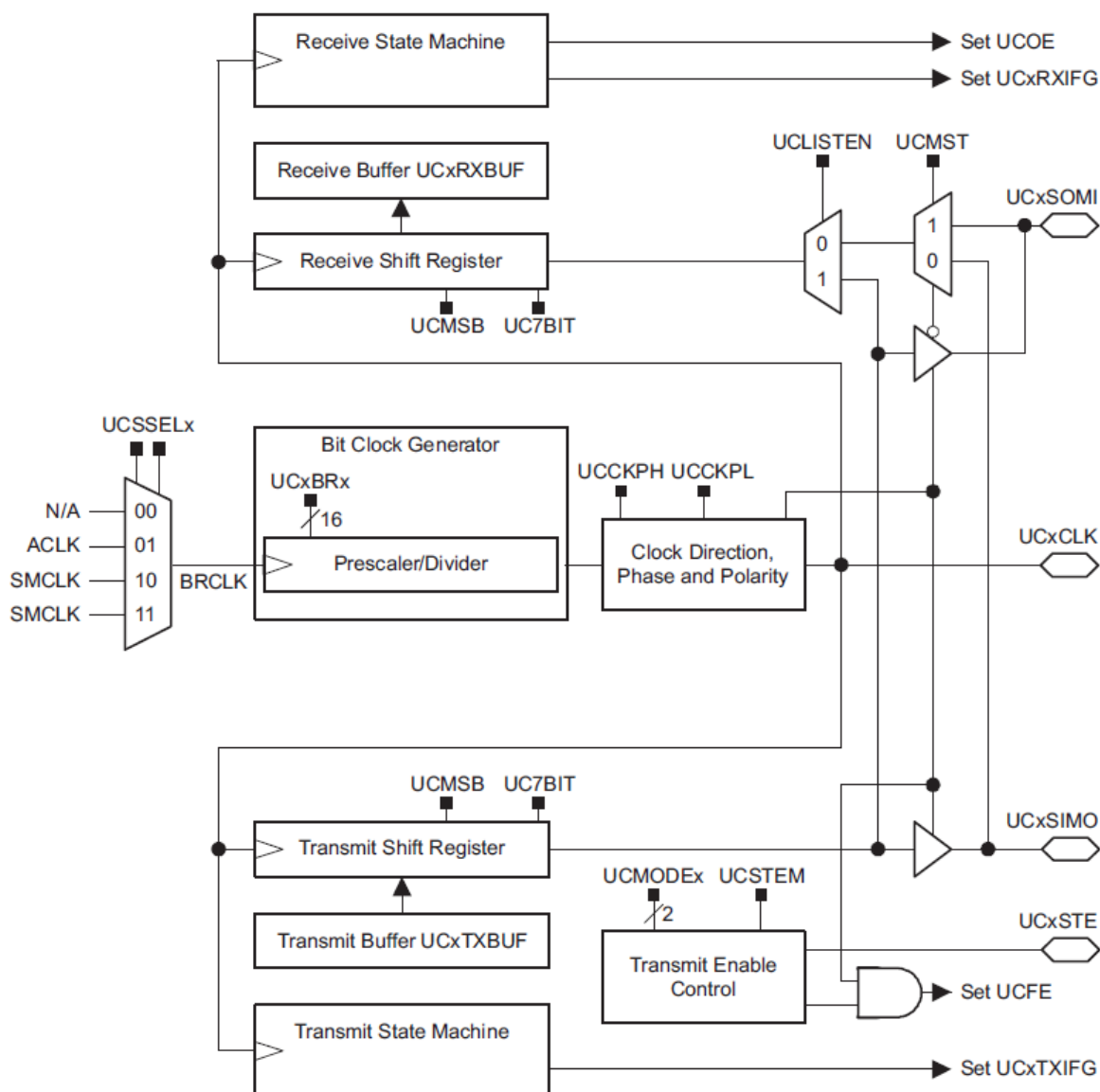
**Фиг. 5.2.** Времедиаграми, илюстриращи четирите режима на работа

## 5.2. SPI модул на MSP430FR6989

На **фиг. 5.3** е дадена блокова схема на SPI модула. От нея е видно, че данните се записват от микропроцесора в паралелния регистър UCxTXBUF, след което се прехвърлят в преместващия регистър „Transmit Shift Register“. Тогава данните се изместват бит по бит извън микроконтролера, синхронно спрямо сигнала UCxCLK, на UCxSIMO (или още MOSI) извода. Тактовият сигнал на

модула и на интерфейса може да се вземе от системните тактови сигнали ACLK или SMCLK. Той се подава на делител на честота. Приемането на данни от външни схеми става на извод UCxSOMI (или още MISO), на който е свързан входа на приемащия преместващ регистър „Receive Shift Register”. Той прехвърля приетите данни в паралелния регистър UCxRXBUF, който е достъпен за четене от микропроцесора. Интересен факт за MSP430FR6989 е, че SPI, I2C и UART всъщност са един модул (обобщен с названието eUSCI – enhanced Universal Serial Communication Interface, от англ. ез. усложнен универсален сериен комуникационен интерфейс), който може да се конфигурира според нуждите на един от трите интерфейса.

Забележете, че модулът има два FIFO регистъра, т.е. четенето и записването на данни става на различни адреси от SPI модула. Данните, които ще се изпратят към подчинено устройство се записват в UCxTXBUF, а данните които микроконтролерът получава от подчинено устройство ще се запишат в UCxRXBUF.



Фиг. 5.3. Блокова схема на SPI модула на MSP430FR6989<sup>1</sup>

<sup>1</sup> User guide на MSP430FR6989

## ЗАДАЧИ ЗА ИЗПЪЛНЕНИЕ

**Внимание! Уверете се, че синият джъмпер на носещата платка е премахнат преди да продължите с упражнението!**

1. Да се създаде нов проект с име **Lab\_5\_1** в папка **/Desktop/MSHT\_GR\_XX\_N**, да се копира програмата на C, чрез която се изпраща числото 0x75 (0b01110101) по SPI интерфейса в режим 0 (CPOL = 0 и CPHA = 0). Да се снимат осцилограмите на изводи MOSI (P3.1), SCK (P3.0) и SS (P4.3).

*Забележка:* SPI модулет на MSP430FR6989 притежава SS извод, който обаче е наименуван STE. Неговото активно ниво може да се променя с битово поле UCMODEx от UCAxCTLW0.

2. Да се създаде нов проект с име **Lab\_5\_2** в папка **/Desktop/MSHT\_GR\_XX\_N** и да се въведе програмата на C, чрез която се изпраща числото 0x75 (0b01110101) по SPI интерфейса в режим 1 (CPOL = 0 и CPHA = 1). Да се снимат осцилограмите на изводи MOSI (P3.1), SCK (P3.0) и SS (P4.3).

3. Да се създаде нов проект с име **Lab\_5\_3** в папка **/Desktop/MSHT\_GR\_XX\_N** и да се въведе програмата на C, чрез която се изпраща числото 0x75 (0b01110101) по SPI интерфейса в режим 2 (CPOL = 1 и CPHA = 0). Да се снимат осцилограмите на изводи MOSI (P3.1), SCK (P3.0) и SS (P4.3).

4. Да се създаде нов проект с име **Lab\_5\_4** в папка **/Desktop/MSHT\_GR\_XX\_N** и да се въведе програмата на C, чрез която се изпраща числото 0x75 (0b01110101) по SPI интерфейса в режим 3 (CPOL = 1 и CPHA = 1). Да се снимат осцилограмите на изводи MOSI (P3.1), SCK (P3.0) и SS (P4.3).

### Използвана литература:

1. User guide на MSP430FR6989