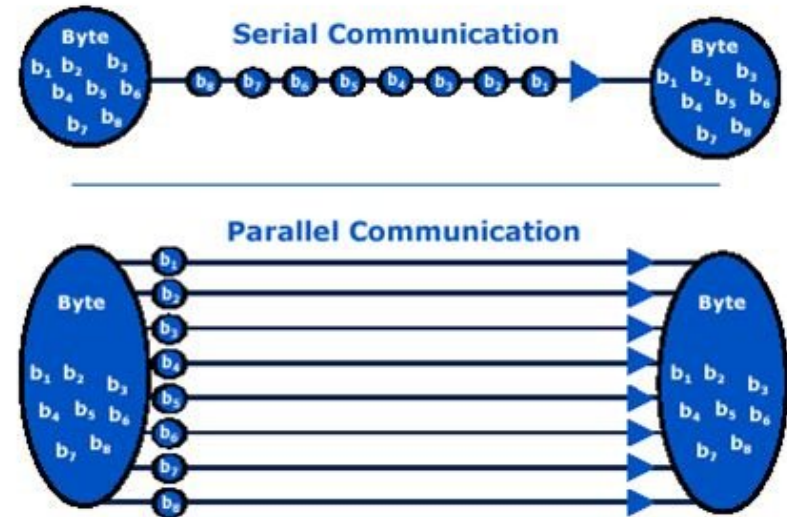


# **2 Цифровые интерфейсы UART и SPI**

# Интерфейсы

- Последовательные (SPI, I2C, I2S, U(S)ART, USB и пр.)
- Параллельные (LPT)



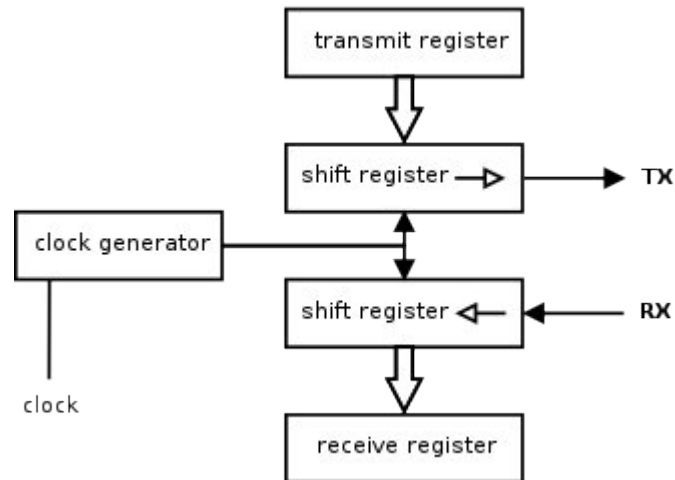
(Reference: [microcontrollerpicavr.blogspot.in](http://microcontrollerpicavr.blogspot.in))



# 1. U(S)ART-интерфейс

# U(S)ART

Universal (synchronous and) asynchronous receiver-transmitter -  
Универсальный (синхронный и) асинхронный приёмопередатчик



## Передача данных

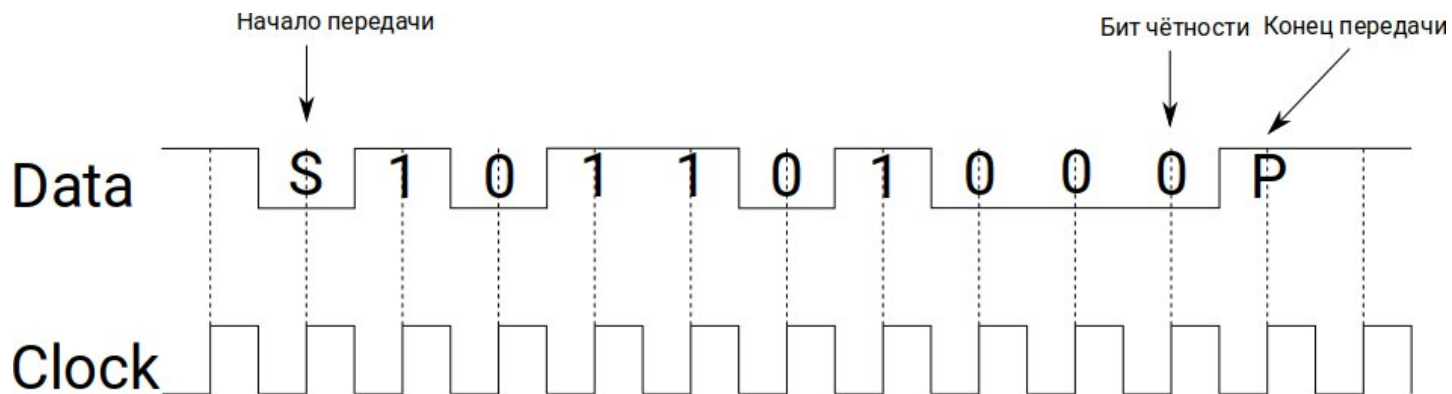


LSB - least significant bit (наименее значащий бит)

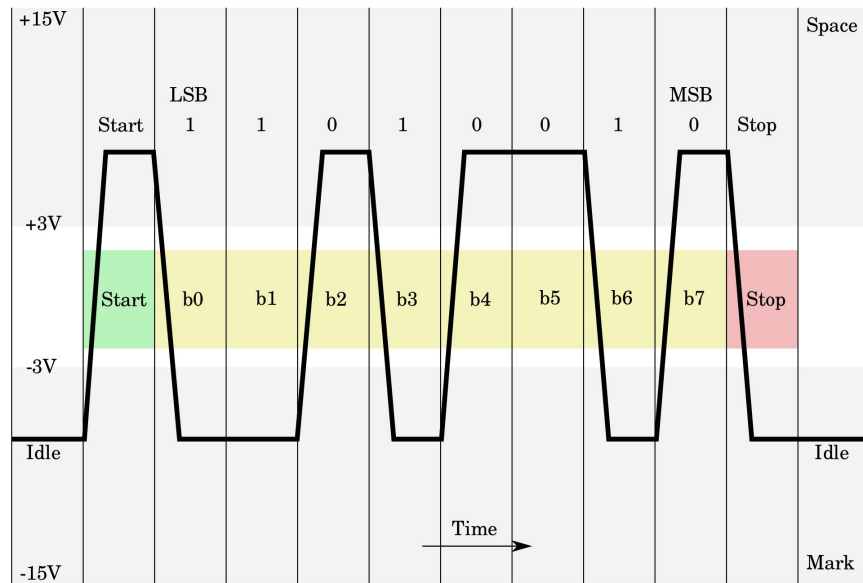
MSB - most significant bit (наиболее значащий бит)

Формат передачи данных little-endian

## Передача 00101101



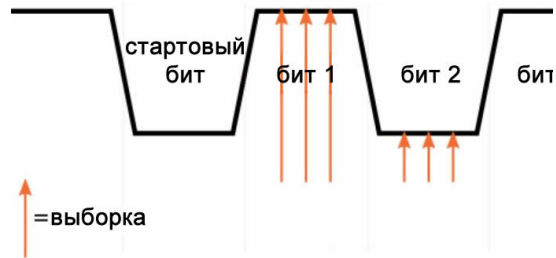
Even parity (чётность)  
Odd parity (нечётность)



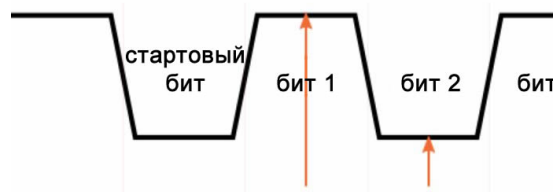
五

# Выборка

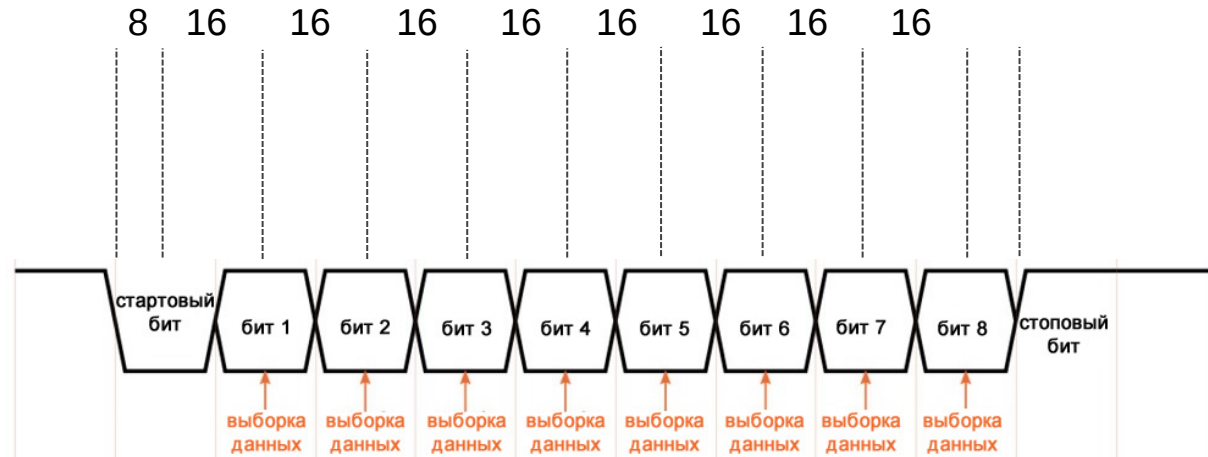
двоичные данные = 111000 (неправильно)



двоичные данные = 10 (правильно)



Частота тактового сигнала в 8, 16 или 32 раза выше  
битовой скорости (оверсэмплинг, oversampling)

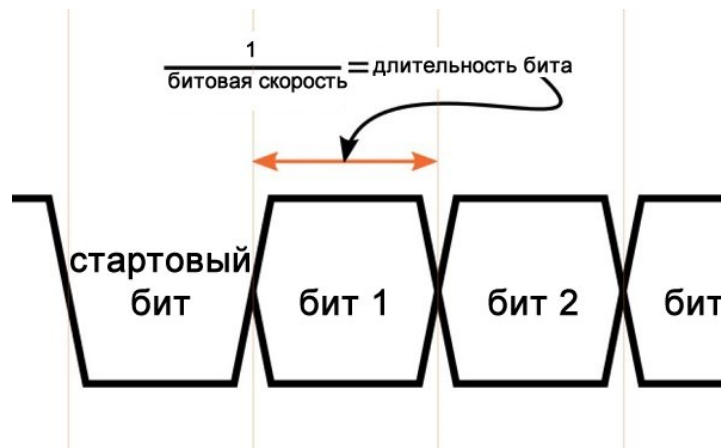




# Скорость передачи данных

- 300, 600, 1200, 2400, 4800, **9600**, 19200, 38400, 57600, **115200**, 230400, 460800, 921600 бод (бит/с)
- baudrate, bitrate

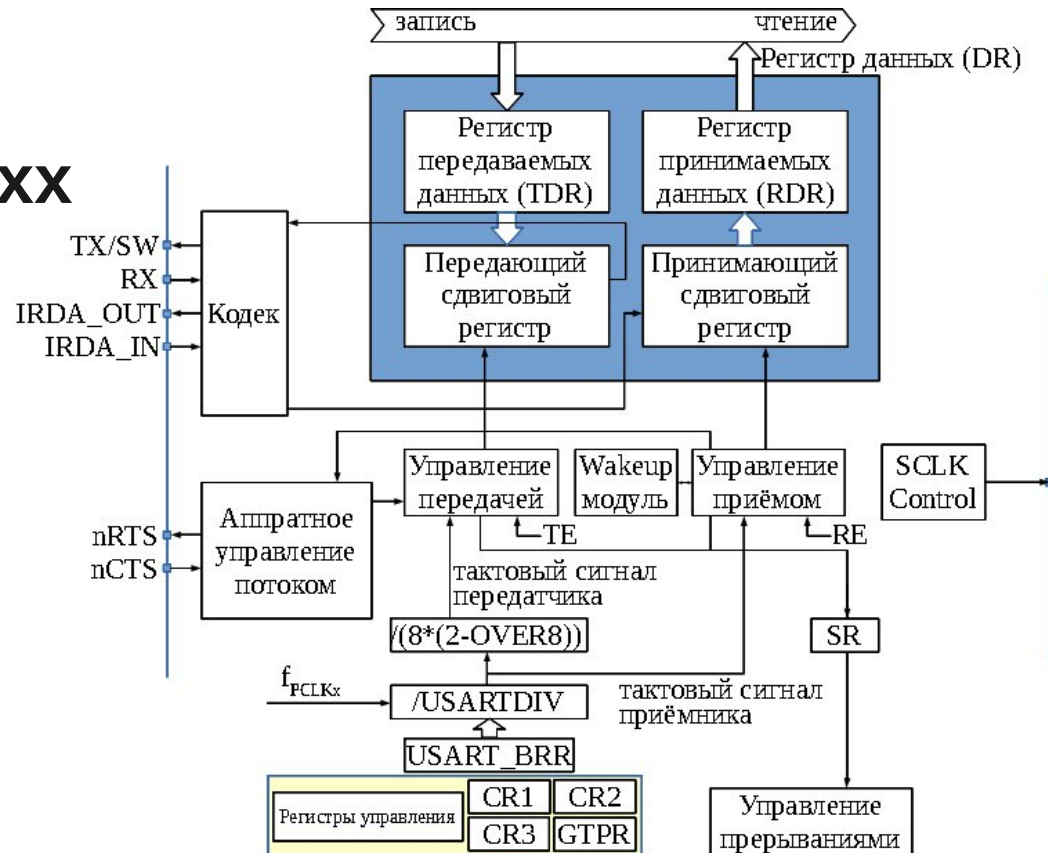
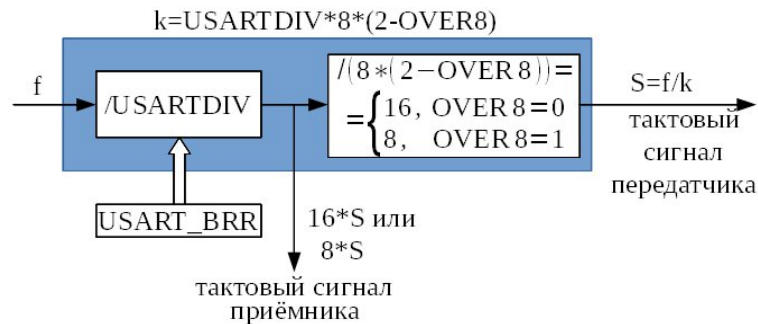
$$v_{bit} = \frac{d}{1 + d + s + p} \cdot v_{UART}$$



# UART в STM32F100xx

$S$  - битовая скорость (бод)

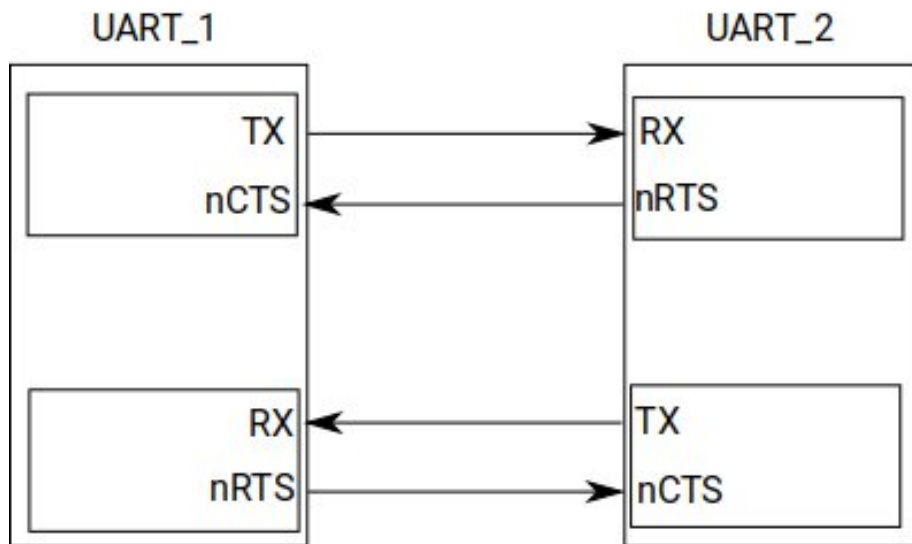
$f$  - внутренняя частота процессора (Гц)



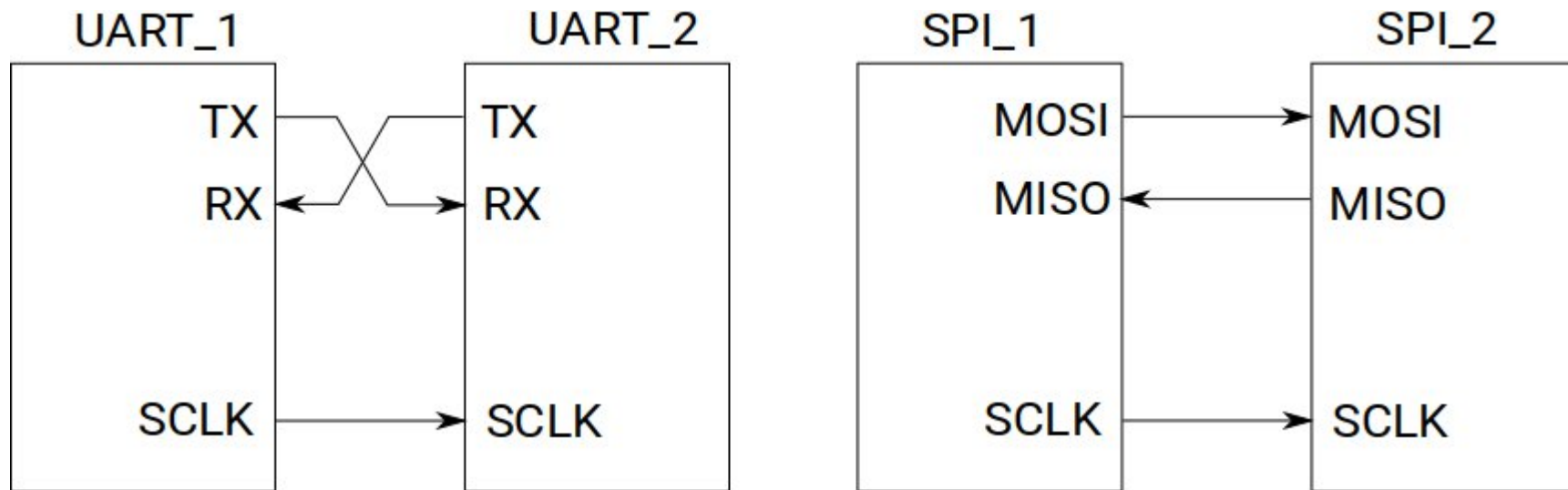
## Выводы U(S)ART

Вывод	Направление	Назначение
RX	Вход	Вход данных (приём)
TX	Выход	Вывод данных (передача)
nRTS (request to send)	Выход	Готовность передатчика
nCTS (clear to send)	Вход	Готовность приёмника
SCLK	Выход	Тактирование
GND	---	Земля

## Подключение (асинхронное)



## Подключение (синхронное)



# Параметры UART

- Скорость передачи данных (**9600** бод)
- Количество передаваемых бит (от **5** до **9**)
- Наличие и тип бита чётности
  - **N** (none)- нет
  - **E** (even parity)- бит чётности
  - **O** (odd parity) – бит нечётности
  - **M** (marked parity bit) – отмеченный, всегда равен 1
  - **S** (space parity bit) – пропуск, всегда равен 0
- Количество стоп-бит (**1**, **1,5** или **2** бита - определяет длительность)
  - 9600/8-**N**-1 - скорость 9600 бод, 8 бит передаётся без бита чётности, 1 стоп-бит.
  - 19200/5-E-2 - скорость 19200 бод, 5 бит передаётся с битом чётности, 2 стоп-бита.



## Характеристики

Универсальный интерфейс

Передача по оптоволокну, витой паре, инфракрасному излучению

Множество разновидностей (RS-232, RS-485, IrDA, SMART-карты (SIM, спутниковое телевидение, банковские карты))

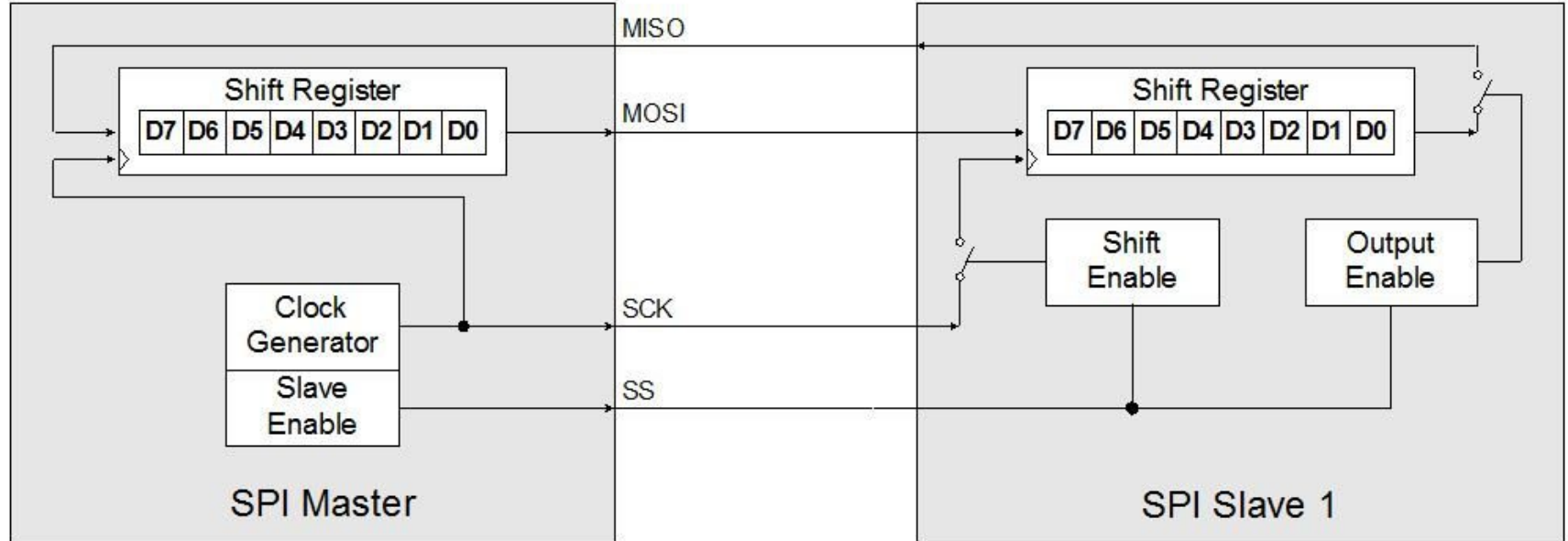
*Дуплекс, полудуплекс, симплекс*



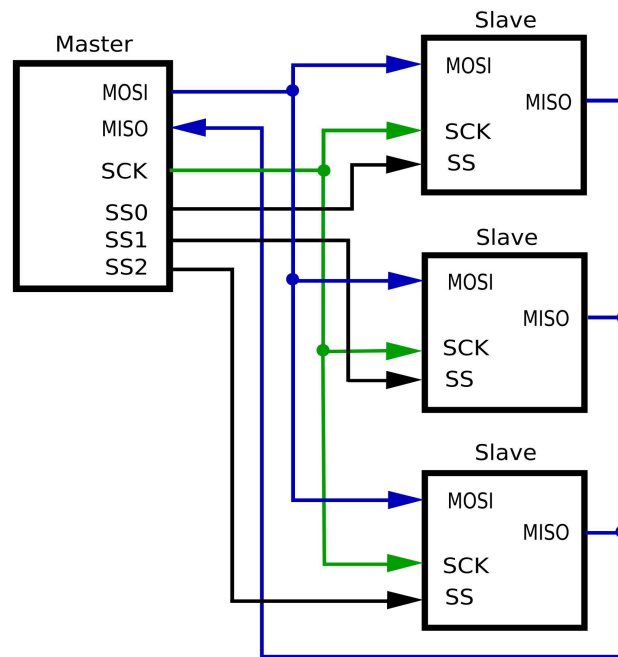
## 2. SPI-интерфейс



# SPI-интерфейс (Serial Peripheral Interface)

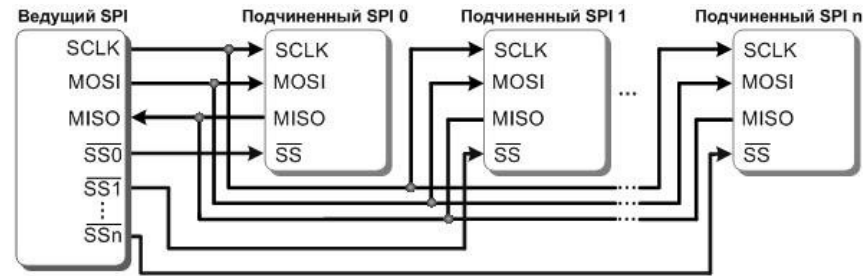


# SPI-интерфейс

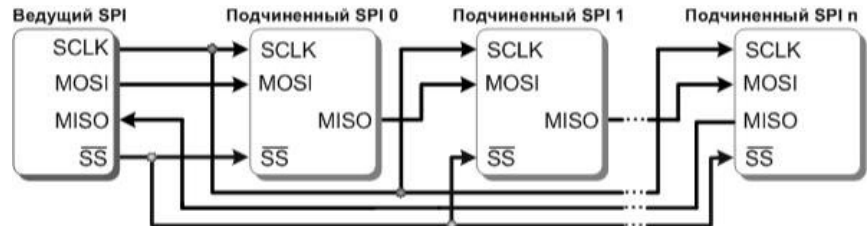


# Виды подключений

Независимое



Каскадное  
(кольцевое)

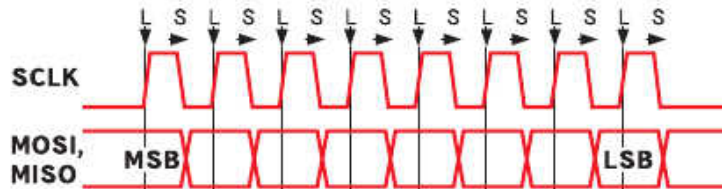


## Режимы работы SPI (CPOL\_CPHA)

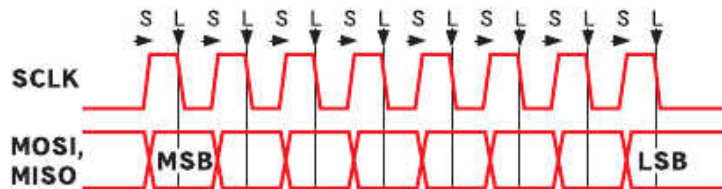
Режим	CPOL	CPHA	Полярность тактового сигнала в режиме ожидания	Выборка данных
<b>0</b>	0	0	Низкий уровень (передний фронт - <b>нарастающий</b> , задний - <b>спадающий</b> )	Данные отбираются по <b>переднему</b> фронту, а устанавливаются по <b>заднему</b>
1	0	1	Низкий уровень (передний фронт - <b>нарастающий</b> , задний - <b>спадающий</b> )	Данные отбираются по <b>заднему</b> фронту, а устанавливаются по <b>переднему</b>
2	1	0	Высокий уровень (передний фронт - <b>спадающий</b> , задний - <b>нарастающий</b> )	Данные отбираются по <b>переднему</b> фронту, а устанавливаются по <b>заднему</b>
<b>3</b>	1	1	Высокий уровень (передний фронт - <b>спадающий</b> , задний - <b>нарастающий</b> )	Данные отбираются по <b>заднему</b> фронту, а устанавливаются по <b>переднему</b>

# Режимы

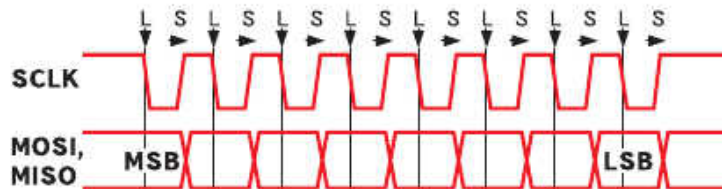
Mode 0  
Positive Pulse.  
Latch, then Shift.



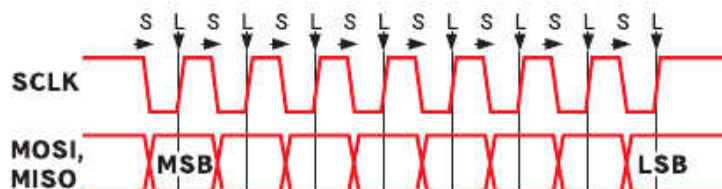
Mode 1  
Positive Pulse.  
Shift, then Latch.



Mode 2  
Negative Pulse.  
Latch, then Shift.

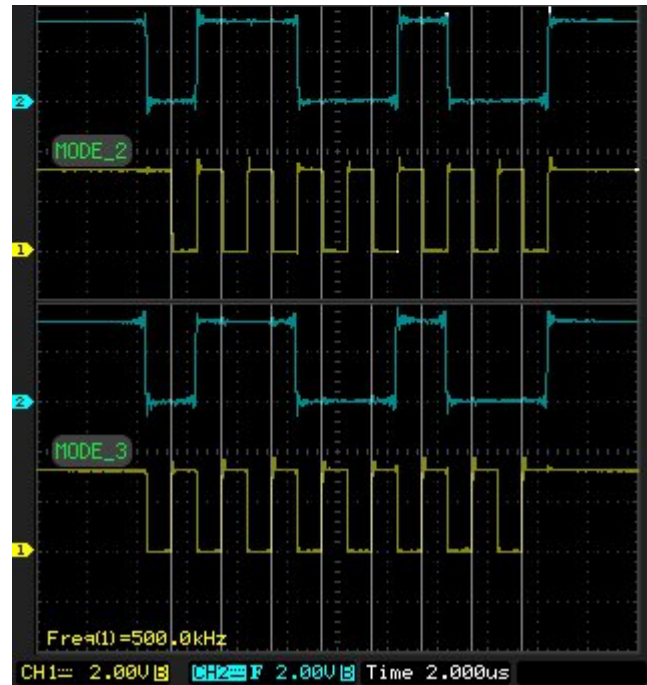
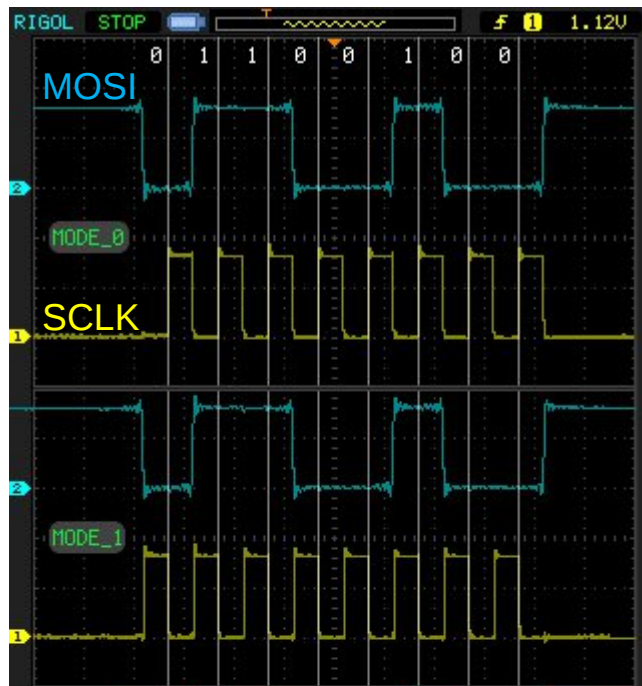


Mode 3  
Negative Pulse.  
Shift, then Latch.

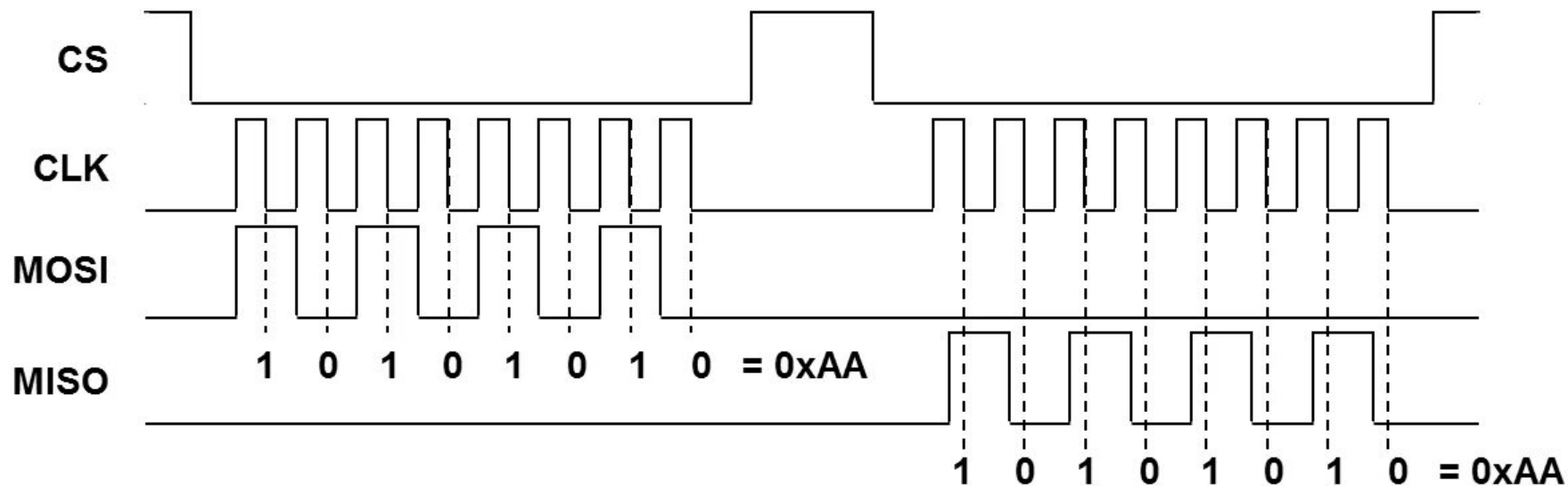


# Осциллограммы

Передача 0x64

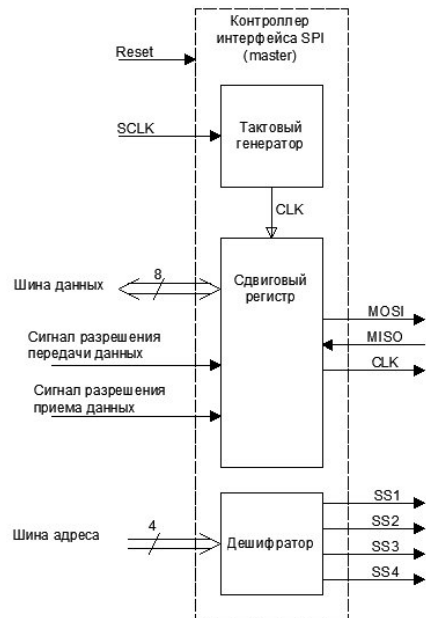


## Дуплексная передача данных



# Структурные схемы SPI

Master

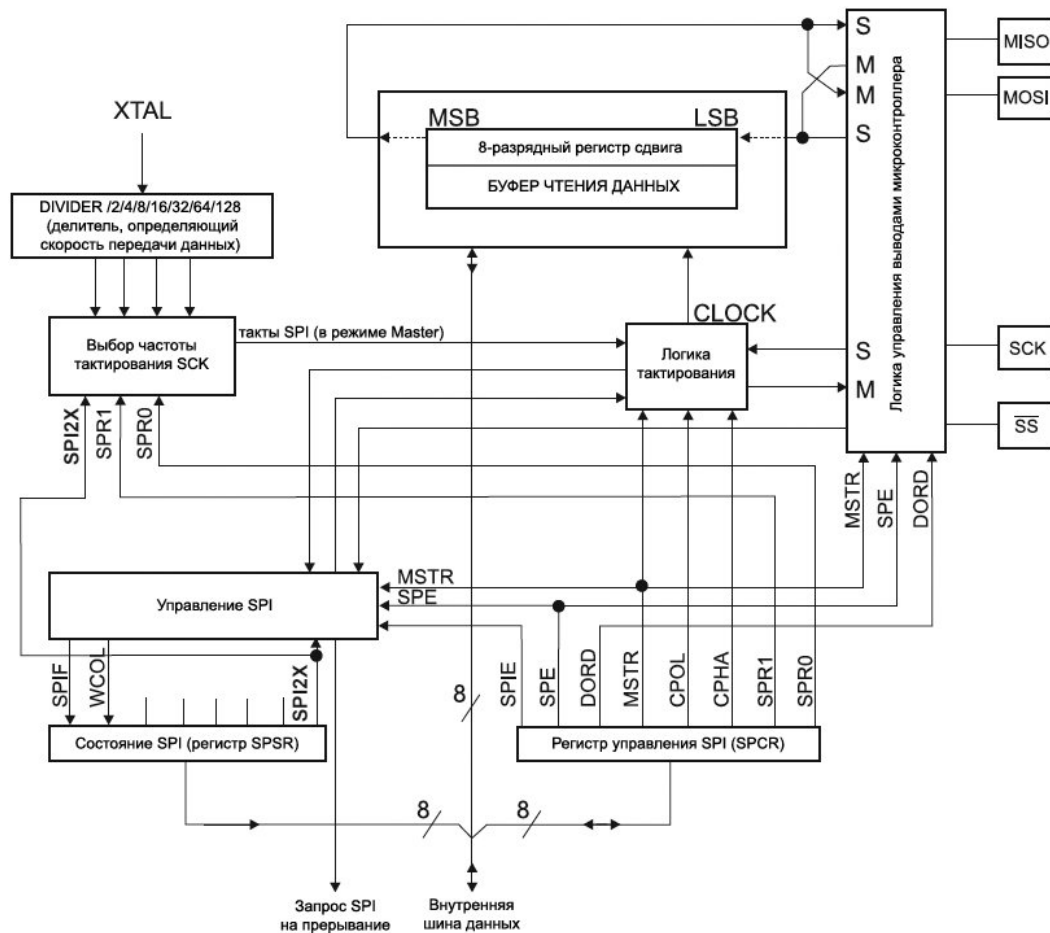


Slave





# Структурная схема SPI



## Скорость передачи данных

Микроконтроллер	Производитель	Макс. частота CPU, МГц	Время выполнения команды	Макс. битовая частота SPI, МГц
M68HC11	Motorola	2	$\geq 1$ мкс	1
M68HC12	Motorola	8	$\geq 125$ нс	2
ADuC70xx	Analog Devices	41,78	$\geq 24$ нс	3,482
ATMmega64	Atmel	8–12	1–3 такта	$F_{CPU}/2$
PIC18Fxxx	MicroChip	10	$\geq 100$ нс	2,5



# Применение

- ЦАП/АЦП
- Потенциометры
- Датчики
- Различная память
- ЖК-индикаторы
- Таймеры реального времени (RTC, real time clock)



## Особенности SPI

- Простая схемная реализация
- Полный дуплекс
- Высокая скорость передачи данных
- Отсутствует контроль в линии (нет управления потоком данных)
- Отсутствие обнаружения ошибок
- Невысокая дальность передачи данных