

Module: Informatique Industrielle 2

Carole Lavault

(All médical)

(carole.lavault@aii-biomedical.com)



Sébastien Ocquidant

(EATON)



Module: Informatique Industrielle 2

Objectifs:

*Connaître les principales caractéristiques des bus utilisés dans l'industrie et **Maîtriser les techniques d'interfaçage** (logiciel et matériel), pour:*

- **Savoir mettre en œuvre les cartes du commerce,**
- **Concevoir des cartes spécifiques dédiées aux bus courants,**
- **Interfacer des circuits périphériques aux microcontrôleurs,**
- **Sélectionner l'architecture adaptée à une application.**

Module: Informatique Industrielle 2

Pré requis

- Langages: algorithmique, *assembleur* & C.
- Éléments de base en électronique numérique et analogique,
- Notions élémentaires sur les Processeurs et les Microcontrôleurs.
- Programmation du périphérique GPIO du STM32
- Utilisation d'un oscilloscope

Module: Informatique Industrielle 2

Plan du cours (cours suivi de BE)

1. Introduction, principaux types de bus, caractéristiques.
2. Les bus Inter-composants: le SPI.
3. *Le bus PC104, techniques d'interfaçage, prototypage, exemples de cartes industrielles.*
4. Liaison série asynchrone: RS232
5. Introduction à Modbus
6. Introduction aux Bus série USB & USB2.

Module: Informatique Industrielle 2

Bibliographie (Livres, ouvrages & références)

- Architecture de l'ordinateur, 3^{ième} édition (*A. Tanenbaum*, InterEdition),
- Informatique Industrielle (*P. Dumas*, Dunod),
- Universal Bus System Architecture (*D. Anderson*, Mindshare - anglais),
- Le bus USB (*X. Fenard*, Dunod).
- Organisme de normalisation bus PCI: www.pcisig.com
- Spécifications bus USB: www.usb.org/developers/docs
- MODBUS Application Protocol Specification V1.1b3 (www.modbus.org/docs)

Module: Informatique Industrielle 2

1. Introduction, principaux types de bus, caractéristiques

Vocabulaire

- **Un bus informatique** permet de partager des données entre plusieurs composants d'un système numérique.
- **Transaction:** Echange entre 1 initiateur et 1 cible (ou destinataire)
- **Bande passante:**
 - Quantité d'information transmise dans un intervalle de temps.
 - Unité normative pour un bus série: bit/s.
 - ‘ ‘ ‘ ‘ ‘ parallèle: byte/s.
- **Bus full duplex:** *transaction maitre à esclave & esclave à maitre simultanée.*
- **Bus bidirectionnel:** échange de données dans les 2 sens sur 1 fil.

Module: Informatique Industrielle 2

1. Introduction, principaux types de bus, caractéristiques

Principaux types de bus

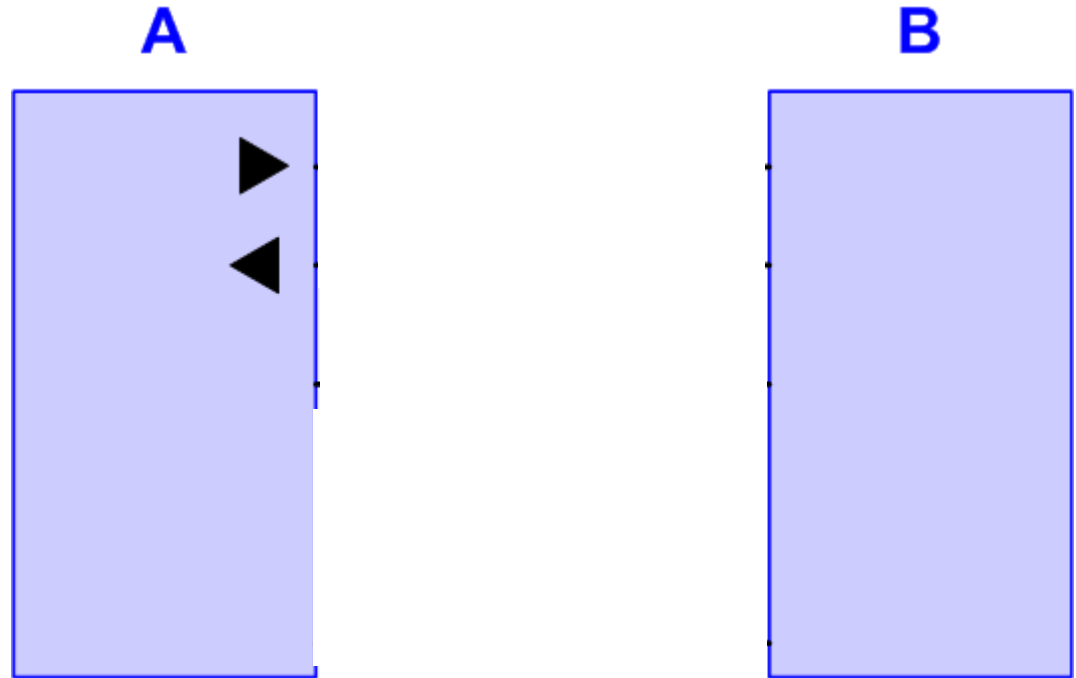
- Série synchrone, ex: SPI, I2C
- Série asynchrone, ex: RS232, RS485, CAN, LIN
- Parallèle synchrone: ex: PC104, PCI...
- Parallèle asynchrone, ex: VME

Module: Informatique Industrielle 2

1. Introduction, principaux types de bus, caractéristiques

Architecture minimum

➤ Série synchrone

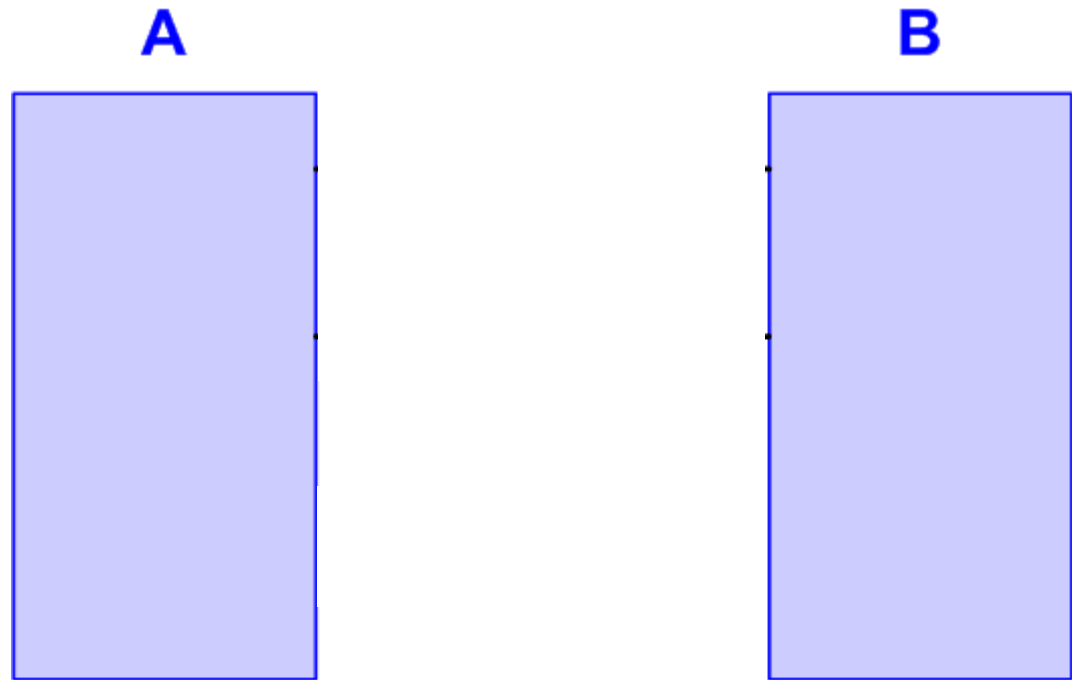


Module: Informatique Industrielle 2

1. Introduction, principaux types de bus, caractéristiques

Architecture minimum

➤ Série asynchrone



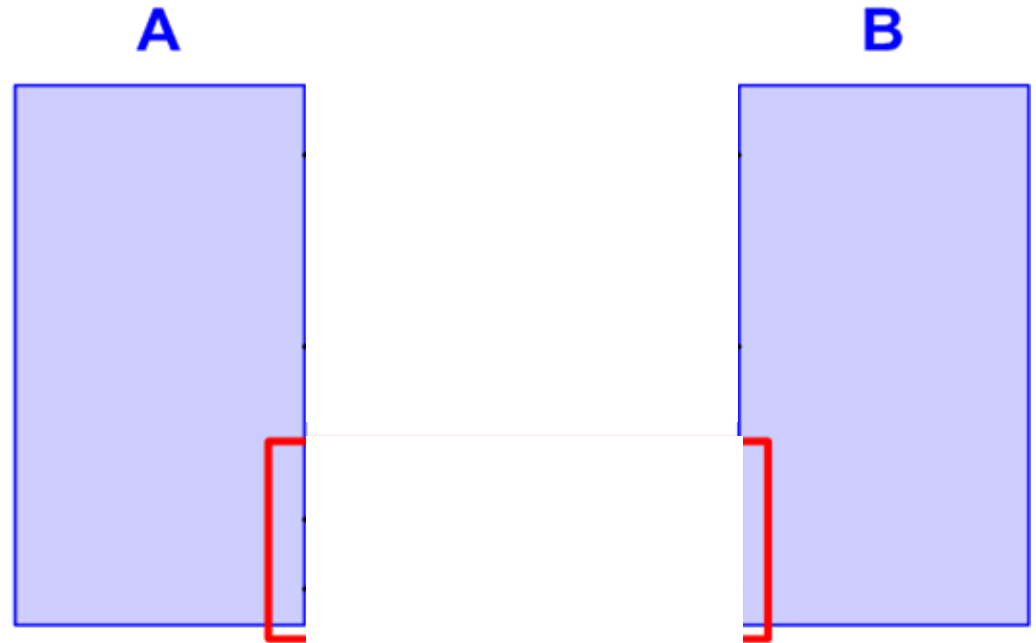
A & B => même horloge

Module: Informatique Industrielle 2

1. Introduction, principaux types de bus, caractéristiques

Architecture minimum

- Parallèle asynchrone

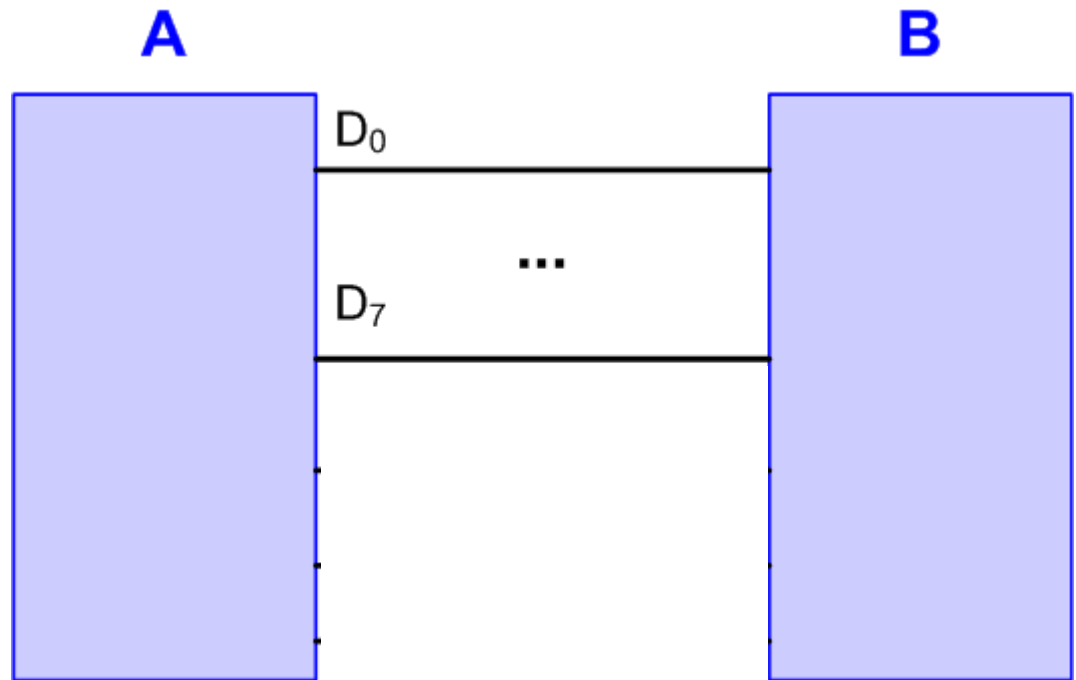


Module: Informatique Industrielle 2

1. Introduction, principaux types de bus, caractéristiques

Architecture minimum

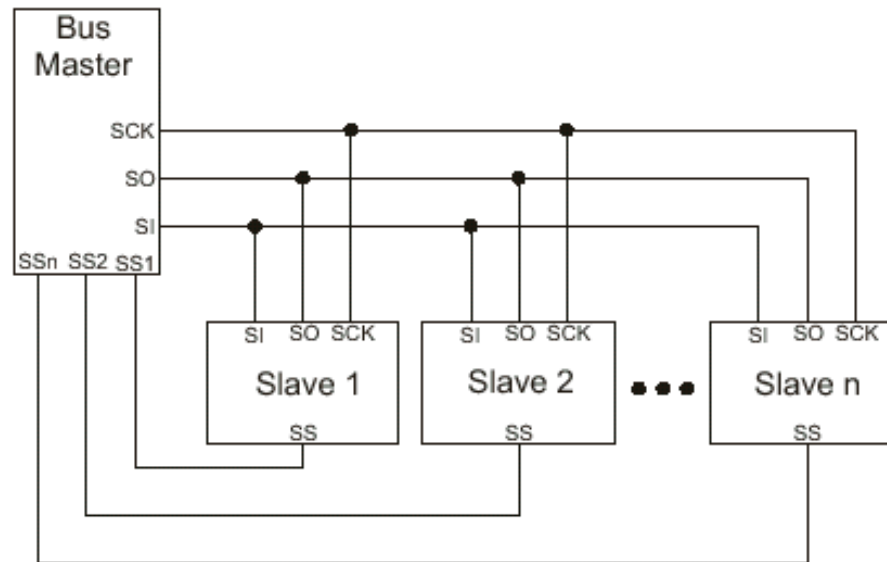
- Parallèle synchrone



Module: Informatique Industrielle 2

2. Les bus inter-composants, le SPI

- Bus série synchrone développé par Motorola Freescale et destiné à faire communiquer :
 - un processeur (en général un microcontrôleur)
 - des circuits périphériques (EEPROM, CAN, CNA, afficheurs LCD etc....)
- Interface SPI répandue sur de nombreux microcontrôleurs (HCS12, Freescale, PIC, Intel, ST, Microchip ...)



Module: Informatique Industrielle 2

2. Les bus inter-composants, le SPI

➤ Interface 4 fils :

SCK	Serial Clock	Maître : Sortie Esclave : Entrée	Horloge de synchronisation Les données sont décalées/latchées sur un front (montant, descendant de cette horloge)
MOSI	Master OUT Slave IN	Maître : Sortie Esclave : Entrée	Données transférées en sortie du maître vers l'esclave
MISO	Master IN Slave OUT	Maître : Entrée Esclave : Sortie	Données transférées en sortie de l'esclave vers le maître
/SS	Slave Select	Maître : Sortie Esclave : Entrée	Sélectionne l'esclave avec lequel un transfert va commencer doit rester au niveau bas pendant toute la transaction

Module: Informatique Industrielle 2

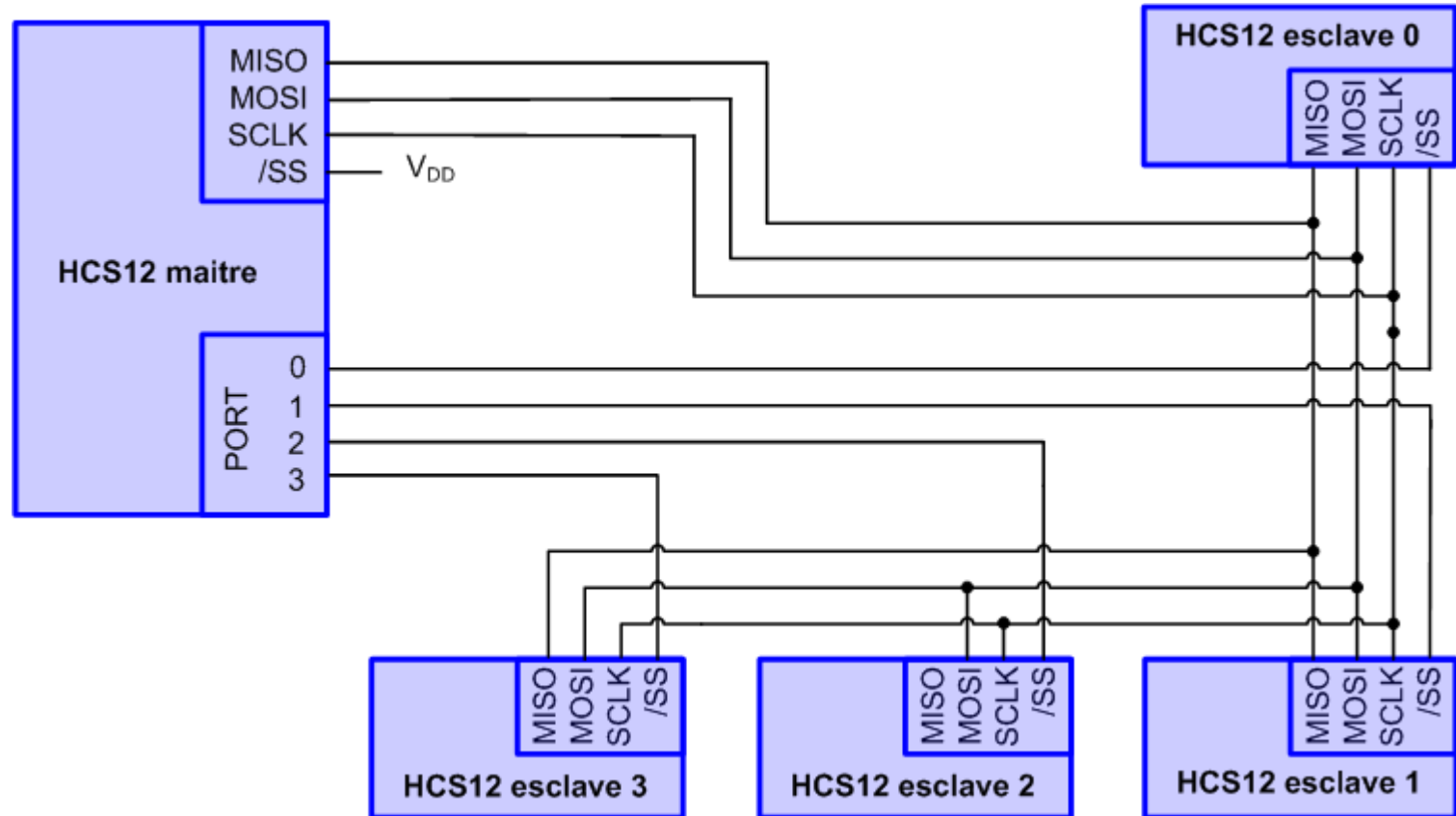
2. Les bus inter-composants, le SPI

- Architecture Maître/Esclave :
 - Le maître est responsable des activités de transfert sur le bus,
 - L'esclave répond aux commandes issues du maître,
 - 1 seul Maître par transaction,
 - Nb d'esclaves limités seulement par le nombre de signaux SS/ disponibles; dans les faits, quelques-uns.
- Horloge en général 1 à plusieurs dizaines MHz => Taux de transfert : 1-5 Mbit/s
- Vitesses supérieures possibles mais en général limitée par les esclaves
- Communication Full-duplex

Module: Informatique Industrielle 2

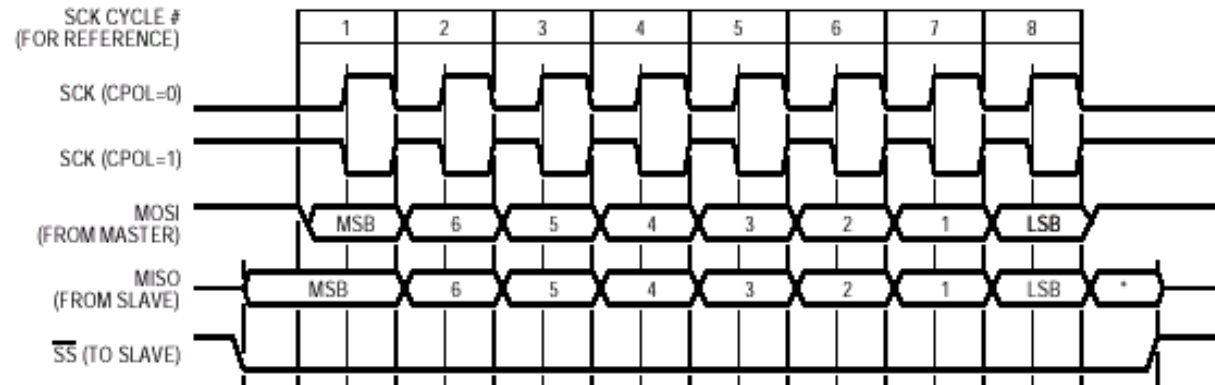
2. Les bus inter-composants le SPI

- Principe de connexion de divers circuits via l'interface SPI



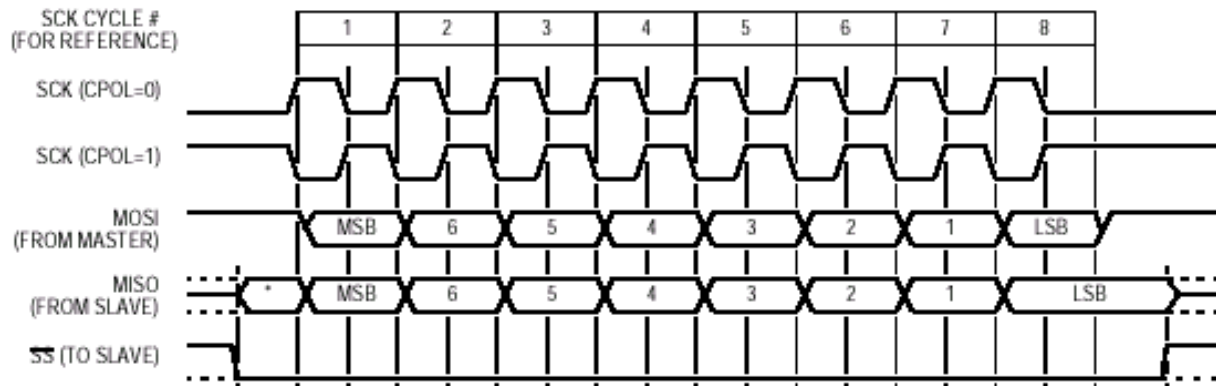
Module: Informatique Industrielle 2

2. Les bus inter-composants, le SPI



*Not defined but normally MSB of character just received.

Figure 8-1. CPHA Equals Zero SPI Transfer Format



*Not defined but normally LSB of previously transmitted character.

Figure 8-2. CPHA Equals One SPI Transfer Format

Module: Informatique Industrielle 2

2. Les bus inter-composants, le SPI

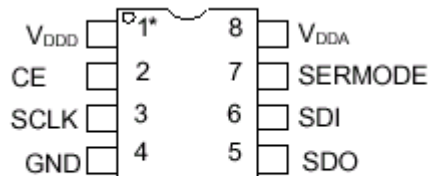


www.dalsemi.com

PRELIMINARY

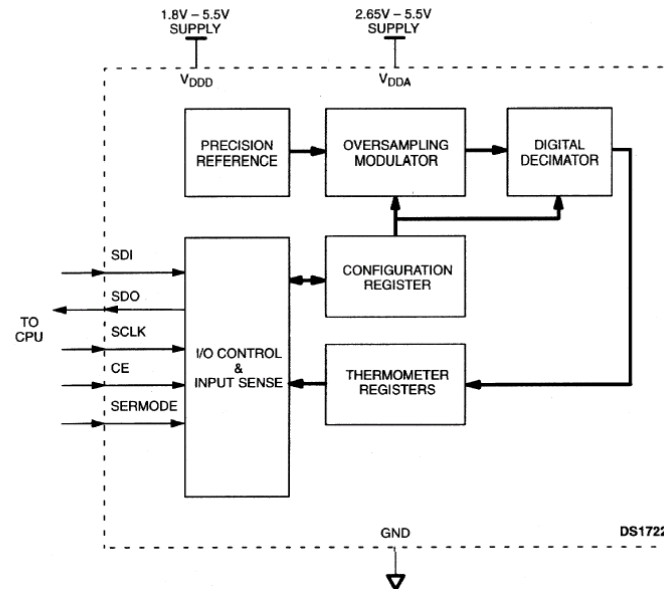
DS1722

Digital Thermometer with
SPI/3-Wire Interface



DS1722U
8-PIN μ -SOP

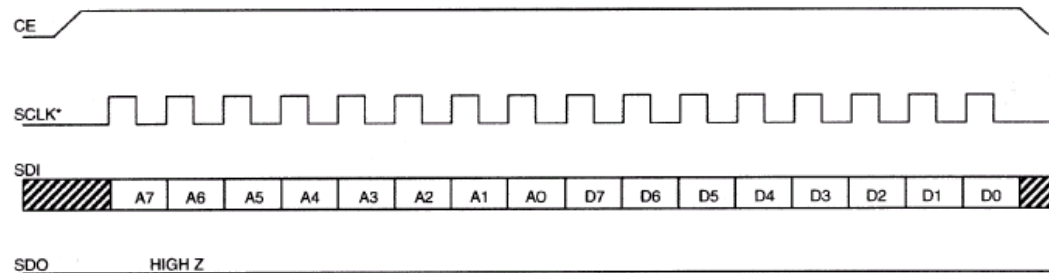
DS1722 FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM Figure 1



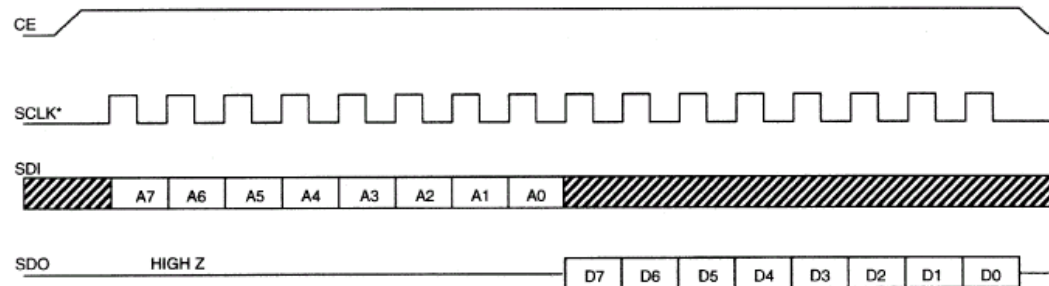
Module: Informatique Industrielle 2

2. Les bus inter-composants, le SPI

SPI SINGLE BYTE WRITE Figure 4



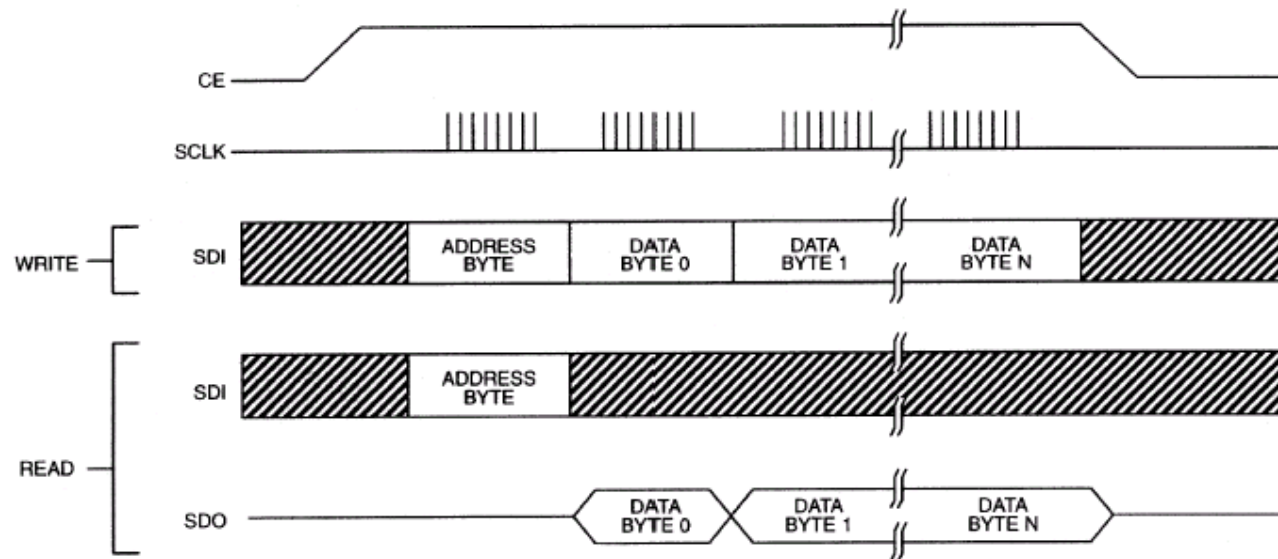
SPI SINGLE-BYTE READ Figure 5



Module: Informatique Industrielle 2

2. Les bus inter-composants, le SPI

SPI MULTIPLE BYTE BURST TRANSFER Figure 6



Module: Informatique Industrielle 2

2. Les bus inter-composants, l'I2C

- Integrated circuit bus (actuellement compatible SMBus)
- Développé au départ par Philips Semiconductor pour faire communiquer les circuits dans les téléviseurs et les moniteurs
- Dans la majorité des moniteurs modernes, des broches sont réservées pour ce bus sur le connecteur VGA (plug-and-play)
- 2 lignes seulement (+ masse)
 - SDA Serial Data Line bidirectionnelle
 - SCL Serial Clock line bidirectionnelle

Module: Informatique Industrielle 2

2. Les bus inter-composants, l'I2C

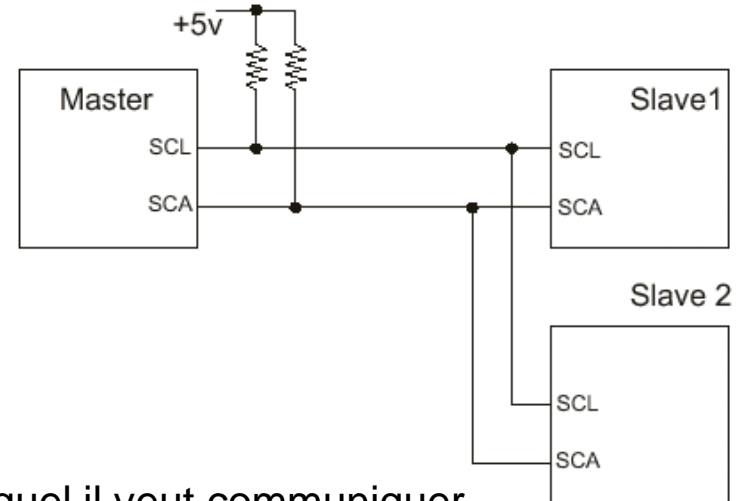
- Communication full-duplex
- Horloge Sm mode 100Khz - Fm mode 400KHz - Ultra-fast mode (UFm) ≤ 5 Mbit/s, unidirectionnel uniquement.
- Limitation nombre de circuits seulement par la capacitance maxi et la limite d'adressage
- Chaque circuit possède une adresse unique sur le bus, et peut agir comme émetteur ou récepteur, selon sa fonctionnalité

Module: Informatique Industrielle 2

2. Les bus inter-composants, l'I2C

➤ Protocole Maître/Esclave

- Maître : contrôle l'horloge et les transferts de données entre lui et un esclave ou entre 2 esclaves
- Esclave : contrôlé par le maître



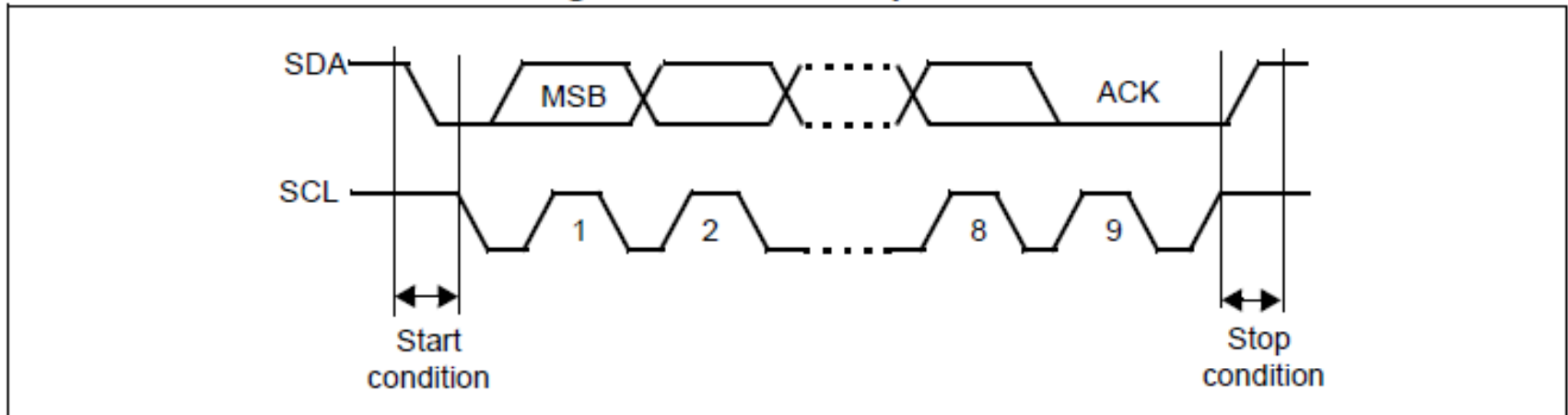
➤ Pour commencer une transaction :

- Le maître émet l'adresse du circuit avec lequel il veut communiquer
- Tous les circuits présents sur le bus testent si l'adresse est la leur
- Seul le circuit concerné répond

Module: Informatique Industrielle 2

2. Les bus inter-composants, l'I2C

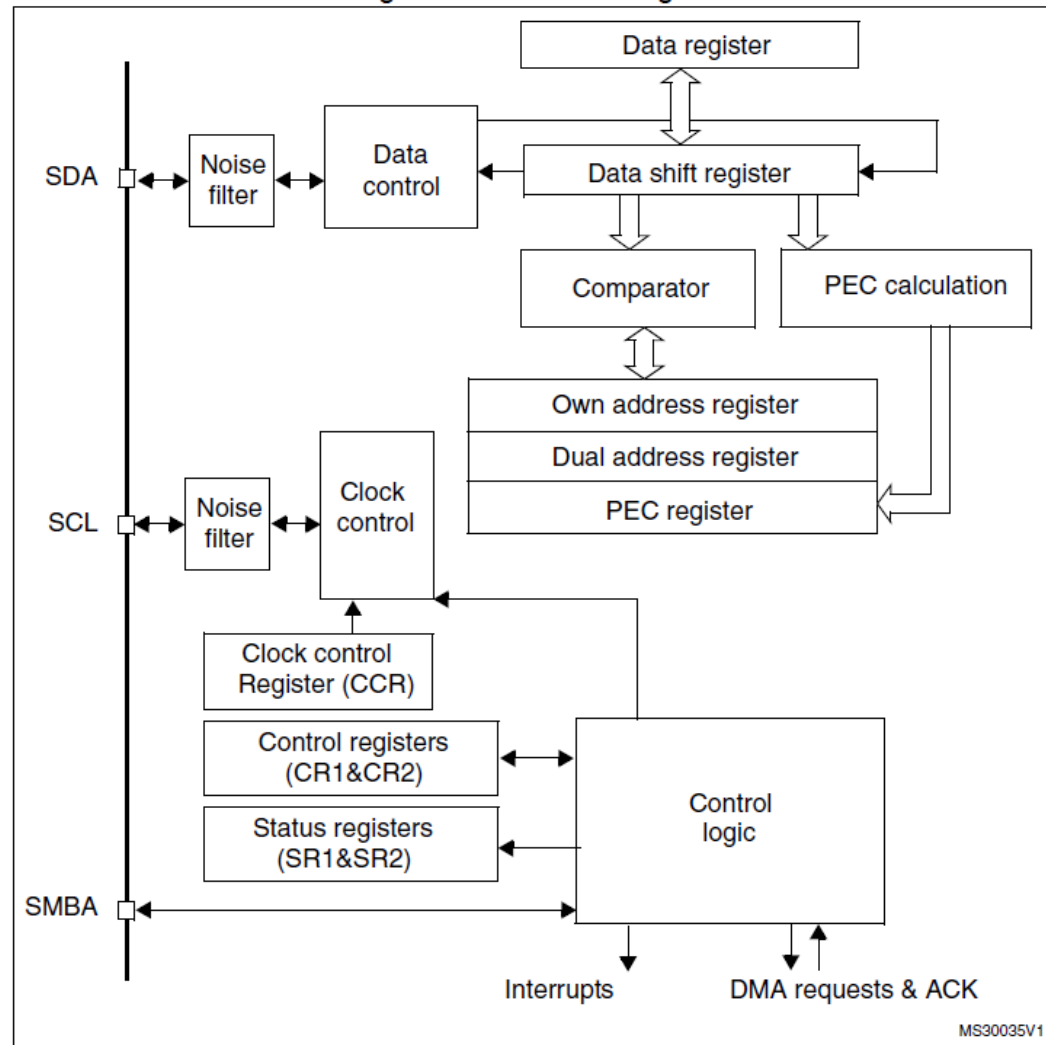
Figure 271. I²C bus protocol



Module: Informatique Industrielle 2

2. Les bus inter-composants, l'I2C

Figure 272. I²C block diagram



Module: Informatique Industrielle 2

2. Les bus inter-composants, les autres bus

Microwire

- Défini par National Semiconductor
- Equivalent au SPI dans le cas où $CPOL = 0$ et $CPHA = 0$

Maxim-3Wire

- Se trouve sur DS1620 et d'autres circuits Maxim
- Les entrées/sorties de données sont multiplexées sur une seule broche (DQ) (au lieu de MISO et MOSI pour le SPI)

Maxim-1Wire

- permet de connecter (en série, parallèle ou en étoile) des composants avec seulement deux fils (un fil de données et un fil de masse)
 - Protocole très compliqué

Module: Informatique Industrielle 2

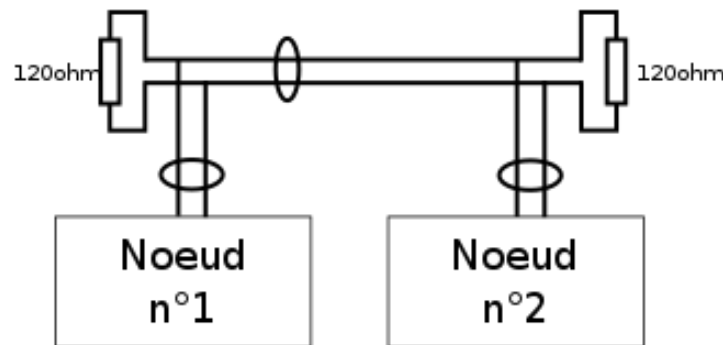
2. Les bus inter-composants, les autres bus

LIN *Local Interconnect Network*

- Le **bus LIN** (Les entrées/sorties de données sont multiplexées sur une seule broche (DQ) (au lieu de MISO et MOSI pour le SPI))
- Économique (entrée de gamme dans l'automobile)

Le bus CAN

- Industrie automobile notamment
- ISO 11898
- Bus de terrain
- Créé par BOSCH
- Filaire, fibre, HF



Débit	Longueur
1 Mbit/s	30 m
800 kbit/s	50 m
500 kbit/s	100 m
250 kbit/s	250 m
125 kbit/s	500 m
62,5 kbit/s	1000 m
20 kbit/s	2500 m
10 kbit/s	5000 m

Module: Informatique Industrielle 2

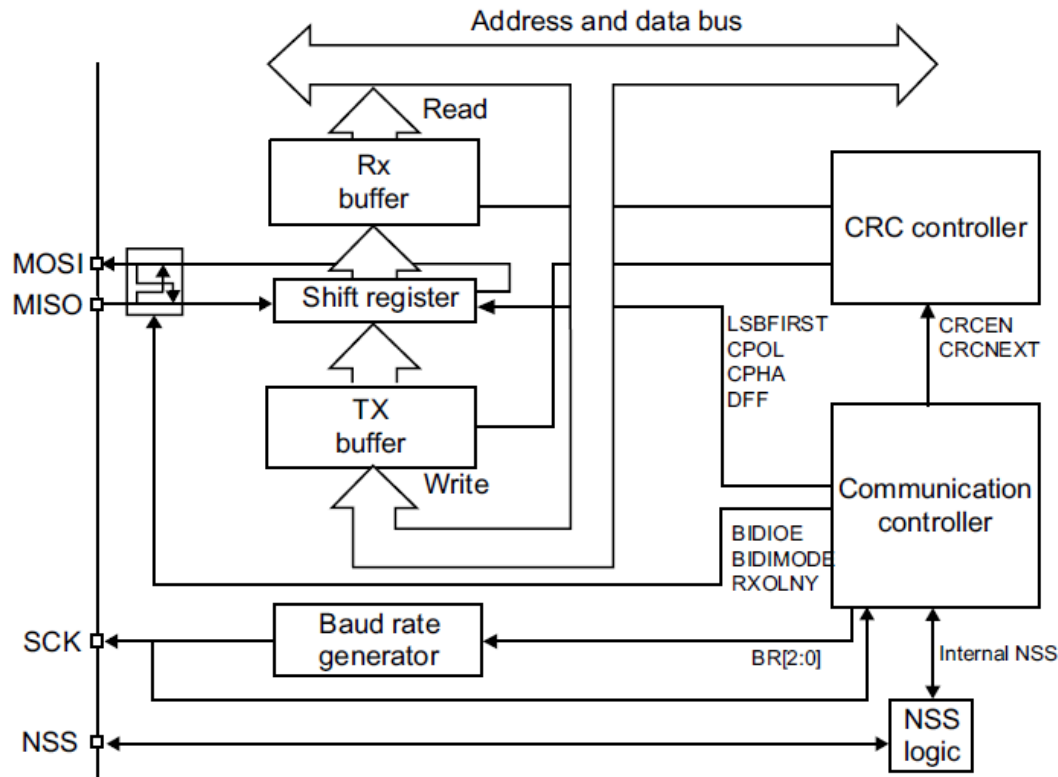
2. Les bus inter-composants, le bloc SPI du STM32

Rôle:

- Communication avec des circuits périphériques
 - ADC, DAC
 - Capteurs
 - Afficheurs LCD, 7 segments LCD
 - Mémoires EEPROM
 - Simple registre à décalage...
- Compatible avec de nombreux périphériques standard
- Bus interprocesseurs en mode multimaître

Module: Informatique Industrielle 2

2. Les bus inter-composants, le bloc SPI du STM32



MISO : TX in slave mode
RX in master mode

MOSI : TX in master mode
RX in slave mode

SCK : output pin (SPI masters)
input pin (slaves)

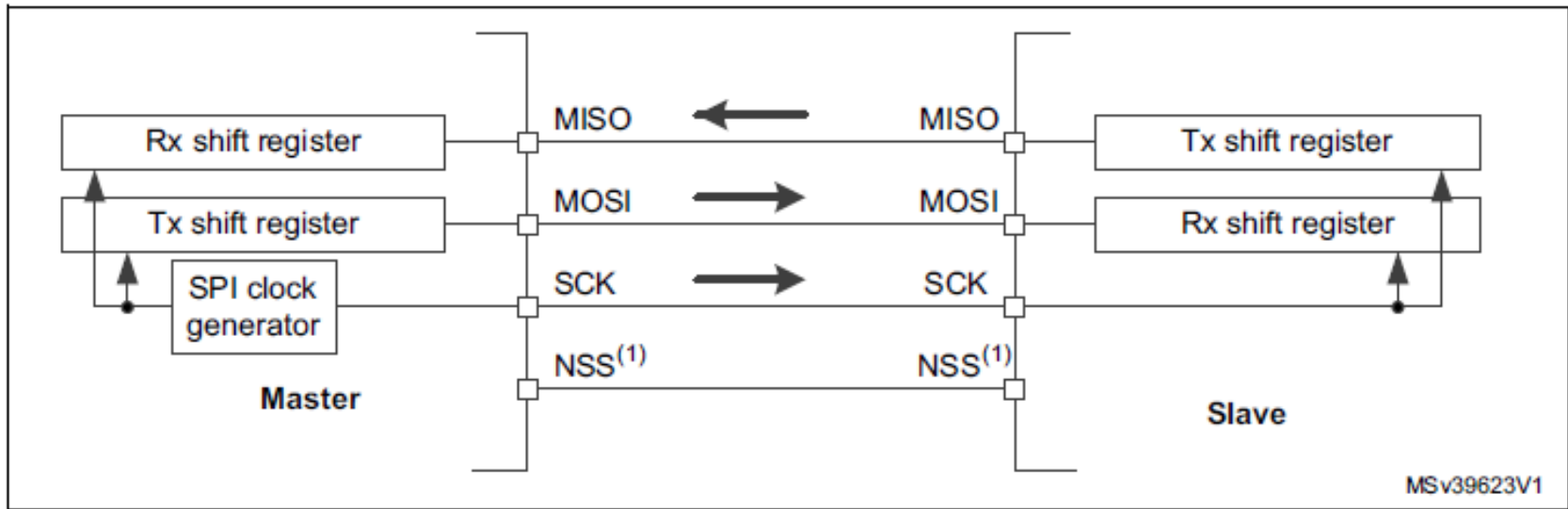
NSS : Slave select pin :
Select an individual slave
Synchronize data frame
Detect a conflict between
multiples masters

Module: Informatique Industrielle 2

2. Les bus inter-composants, le bloc SPI du STM32

Principe de la transmission SPI

Communication Full duplex 1 maître et 1 esclave

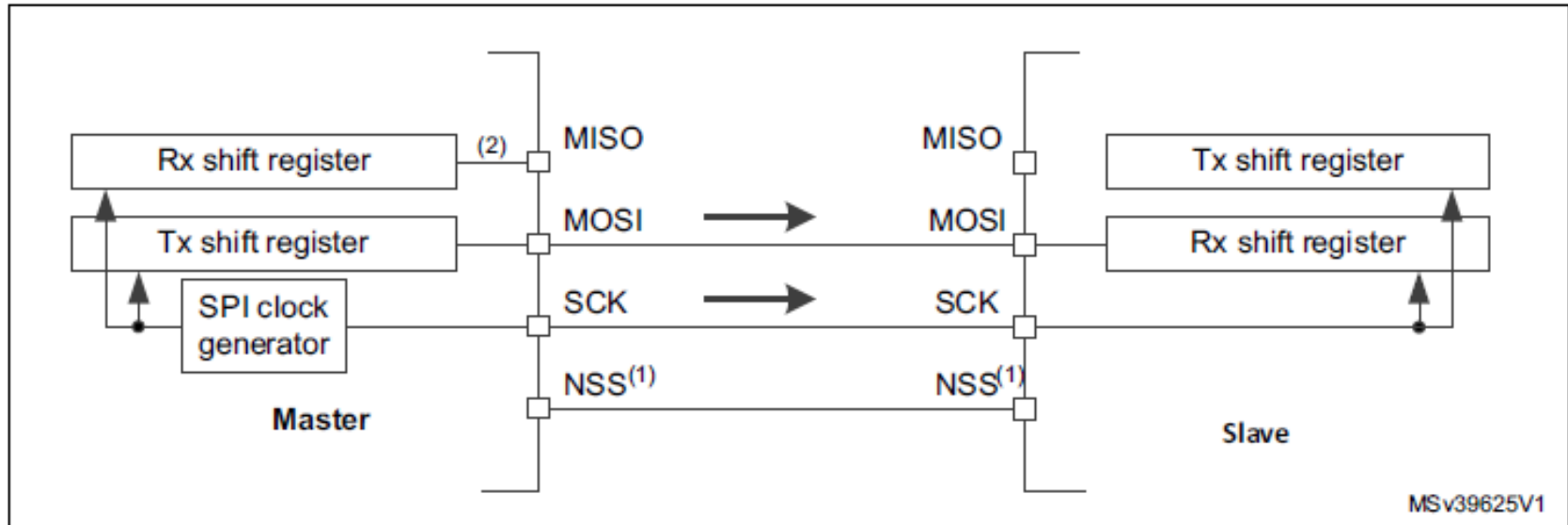


Module: Informatique Industrielle 2

2. Les bus inter-composants, le bloc SPI du STM32

Principe de la transmission SPI

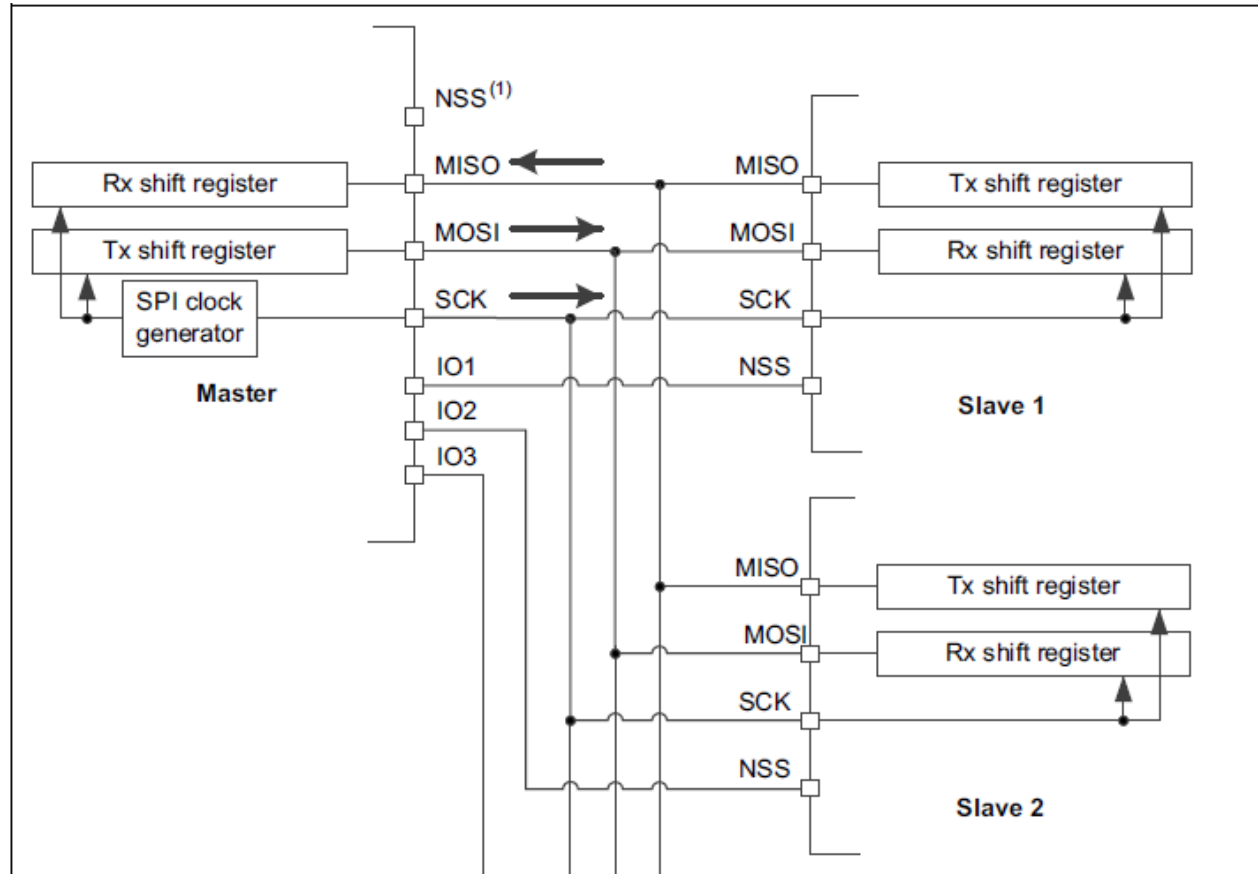
Communication simplex 1 maître et 1 esclave



Module: Informatique Industrielle 2

2. Les bus inter-composants, le bloc SPI du STM32

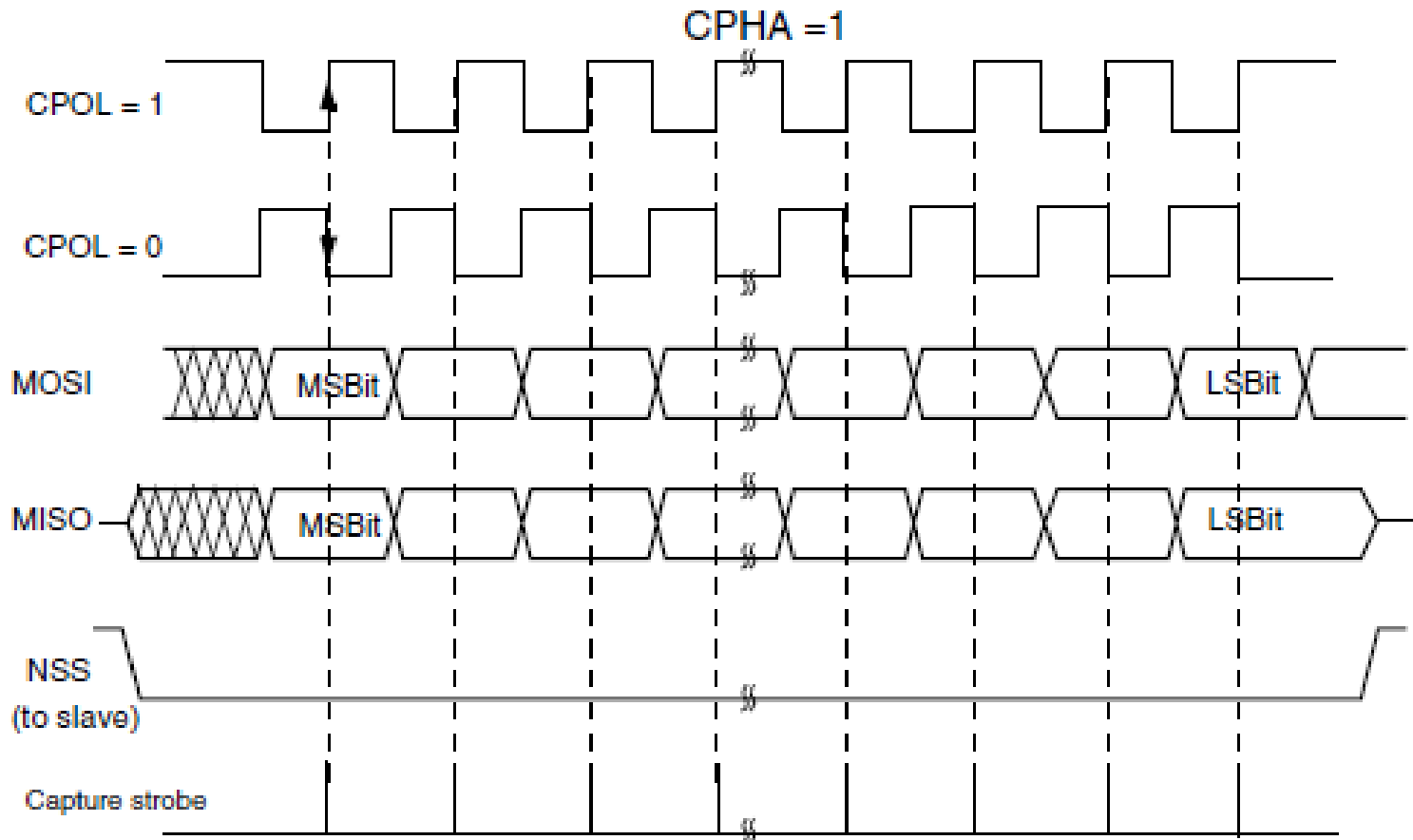
Communication maître et 2 .. n esclaves



Module: Informatique Industrielle 2

2. Les bus inter-composants, le bloc SPI du STM32

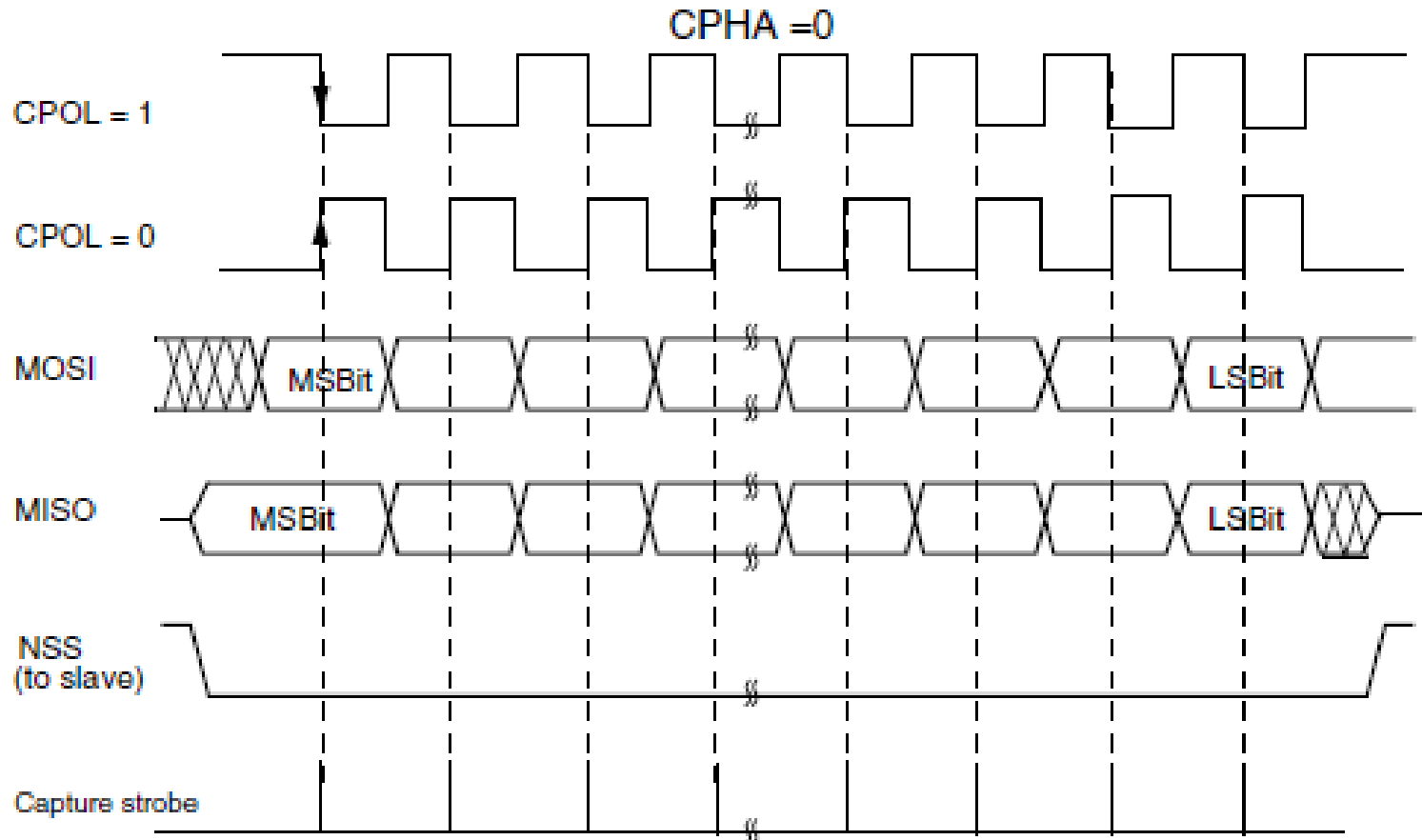
Data clock timing



Module: Informatique Industrielle 2

2. Les bus inter-composants, le bloc SPI du STM32

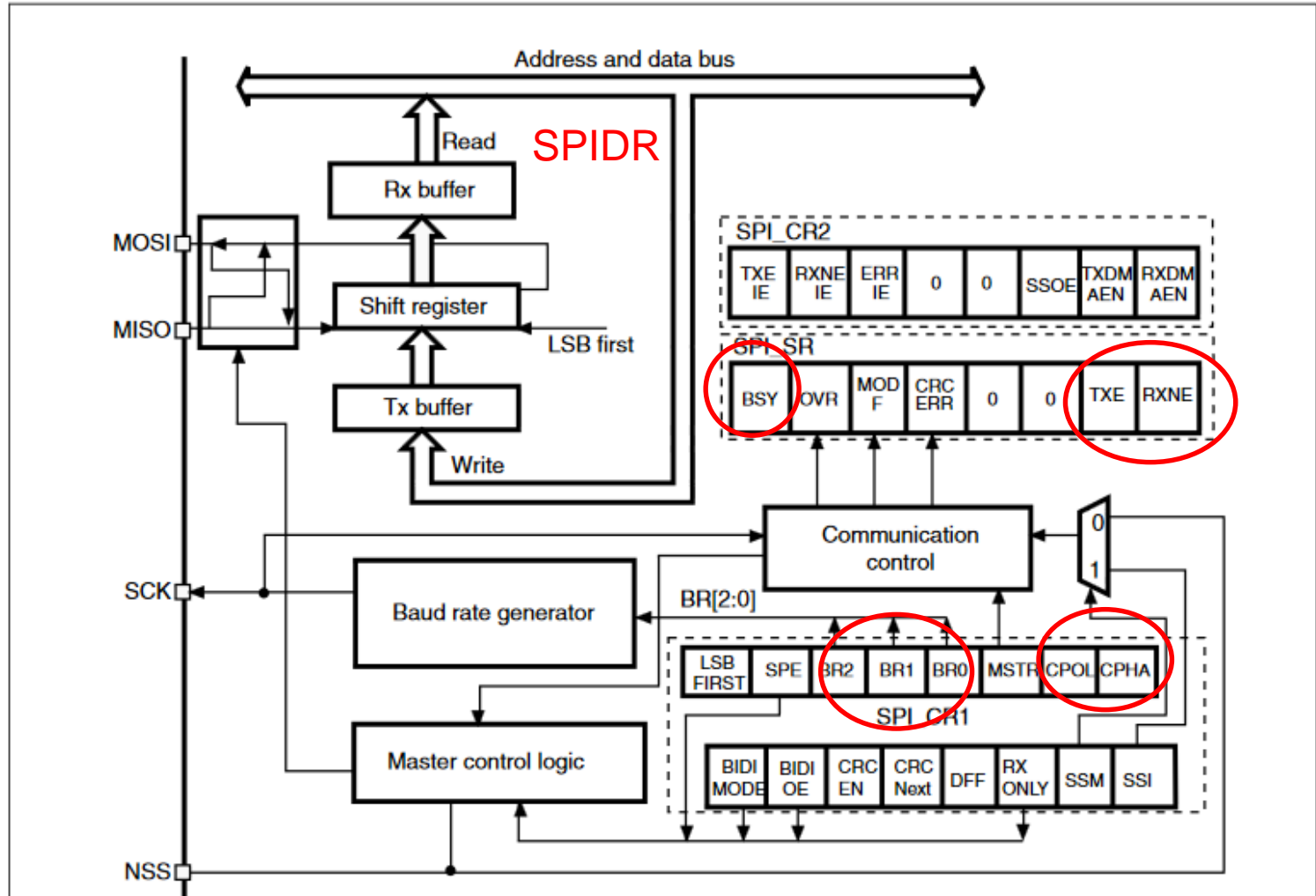
Data clock timing



Module: Informatique Industrielle 2

2. Les bus inter-composants, le bloc SPI du STM32

Figure 246. SPI block diagram



Module: Informatique Industrielle 2

2. Les bus inter-composants, le bloc SPI du STM32

26.3.12 SPI status flags

Three status flags are provided for the application to completely monitor the state of the SPI bus.

Tx buffer empty flag (TXE)

When it is set, the TXE flag indicates that the Tx buffer is empty and that the next data to be transmitted can be loaded into the buffer. The TXE flag is cleared by writing to the SPI_DR register.

Rx buffer not empty (RXNE)

When set, the RXNE flag indicates that there are valid received data in the Rx buffer. It is cleared by reading from the SPI_DR register.

Busy flag (BSY)

The BSY flag is set and cleared by hardware (writing to this flag has no effect).

When BSY is set, it indicates that a data transfer is in progress on the SPI (the SPI bus is busy). There is one exception in master bidirectional receive mode (MSTR=1 and BDM=1 and BDOE=0) where the BSY flag is kept low during reception.

The BSY flag can be used in certain modes to detect the end of a transfer, thus preventing corruption of the last transfer when the SPI peripheral clock is disabled before entering a low-power mode or an NSS pulse end is handled by software.

The BSY flag is also useful for preventing write collisions in a multimaster system.

The BSY flag is cleared under any one of the following conditions:

- When the SPI is correctly disabled
- When a fault is detected in Master mode (MODF bit set to 1)
- In Master mode, when it finishes a data transmission and no new data is ready to be sent
- In Slave mode, when the BSY flag is set to '0' for at least one SPI clock cycle between each data transfer.

Note: It is recommended to use always the TXE and RXNE flags (instead of the BSY flags) to handle data transmission or reception operations.