

Systemes embarqués automobiles

**Troisième année du cycle d'ingénieur en
génie mécatronique d'automobile**

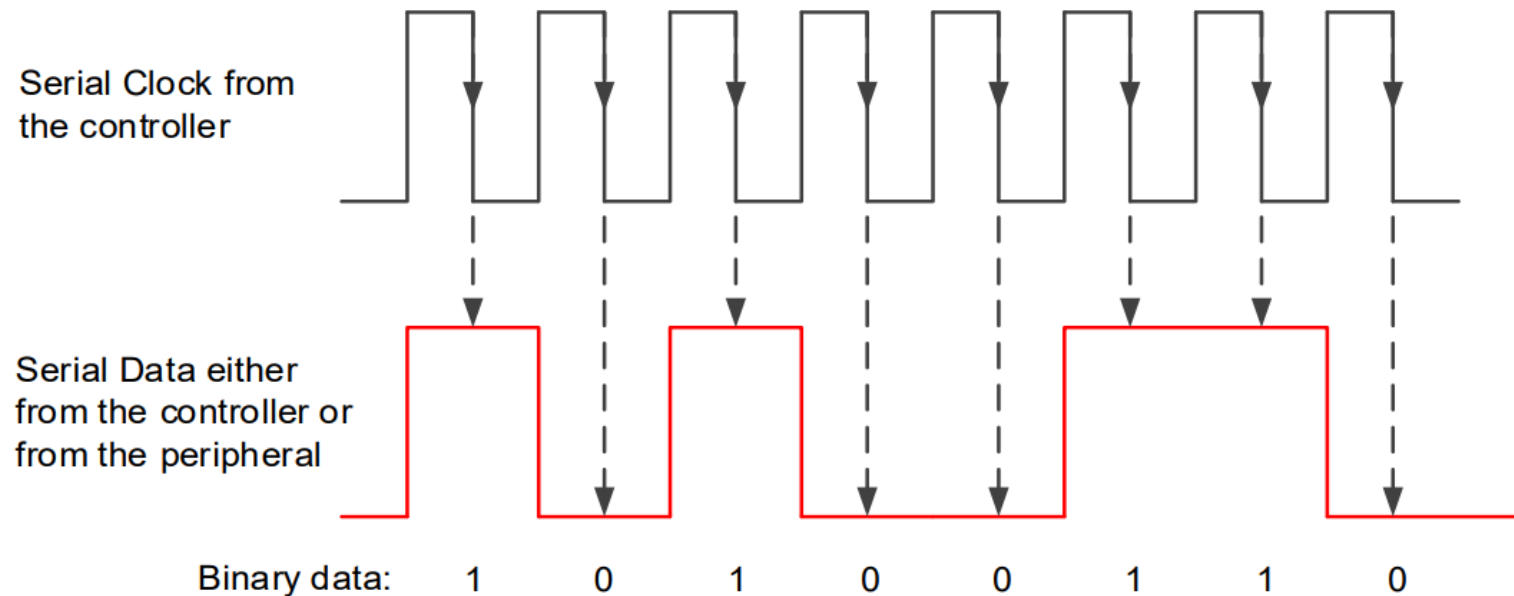
Chapitre 4: Le Bus SPI

Année universitaire 2024/2025

Dr. Ing. LASSIOUI Abdellah

Le protocole SPI

1. L'interface périphérique série (SPI) est l'une des interfaces les plus utilisées entre le microcontrôleur et les circuits intégrés périphériques tels que les capteurs, les ADC, les DAC, les registres à décalage, la SRAM et autres.
2. SPI est une **interface synchrone** en **duplex intégral (Full-duplex)** basée sur un **nœud principal** et un **sous-nœud** ou bien **plusieurs sous-nœuds**.
3. Les données du nœud principal ou du sous-nœud sont synchronisées sur le **front montant ou descendant** de l'horloge. Le nœud principal et le sous-nœud peuvent **transmettre des données en même temps**.



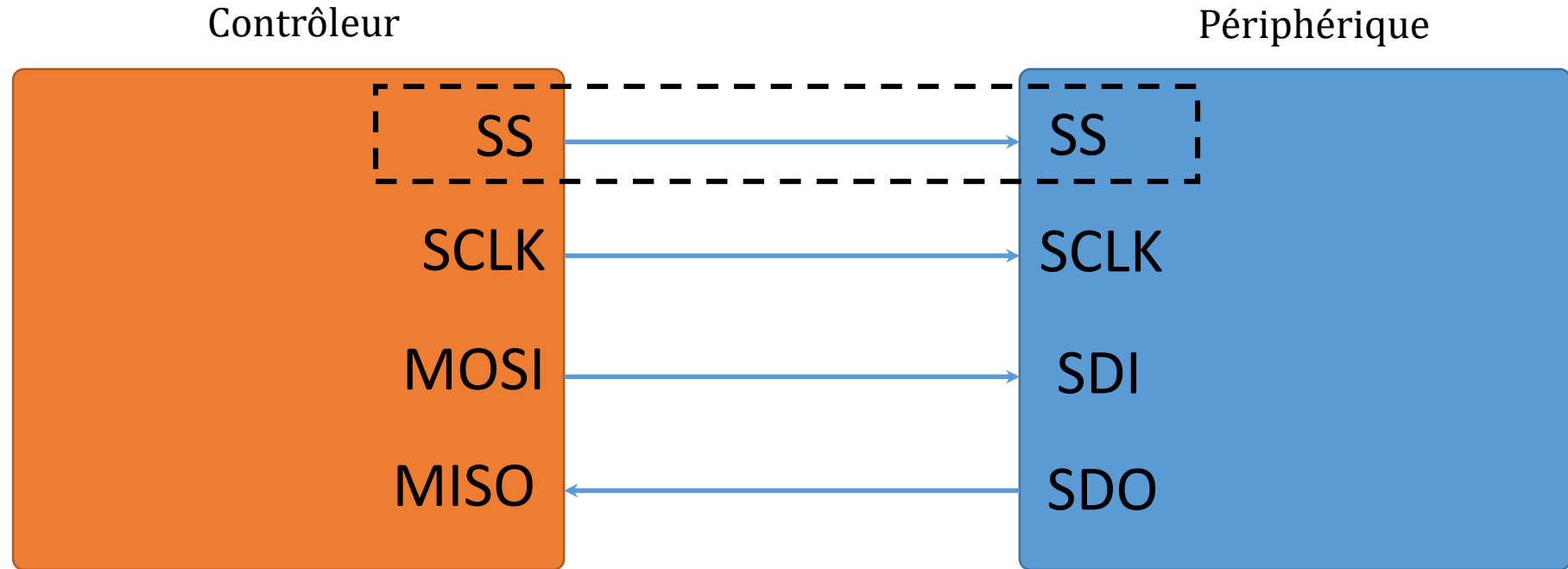
Dans cet exemple les données sont lues sur des front descendants du signal d'horloge

Source: [*basics-of-spi-serial-communications-presentation.pdf*](#)

Le protocole SPI: le signal SS

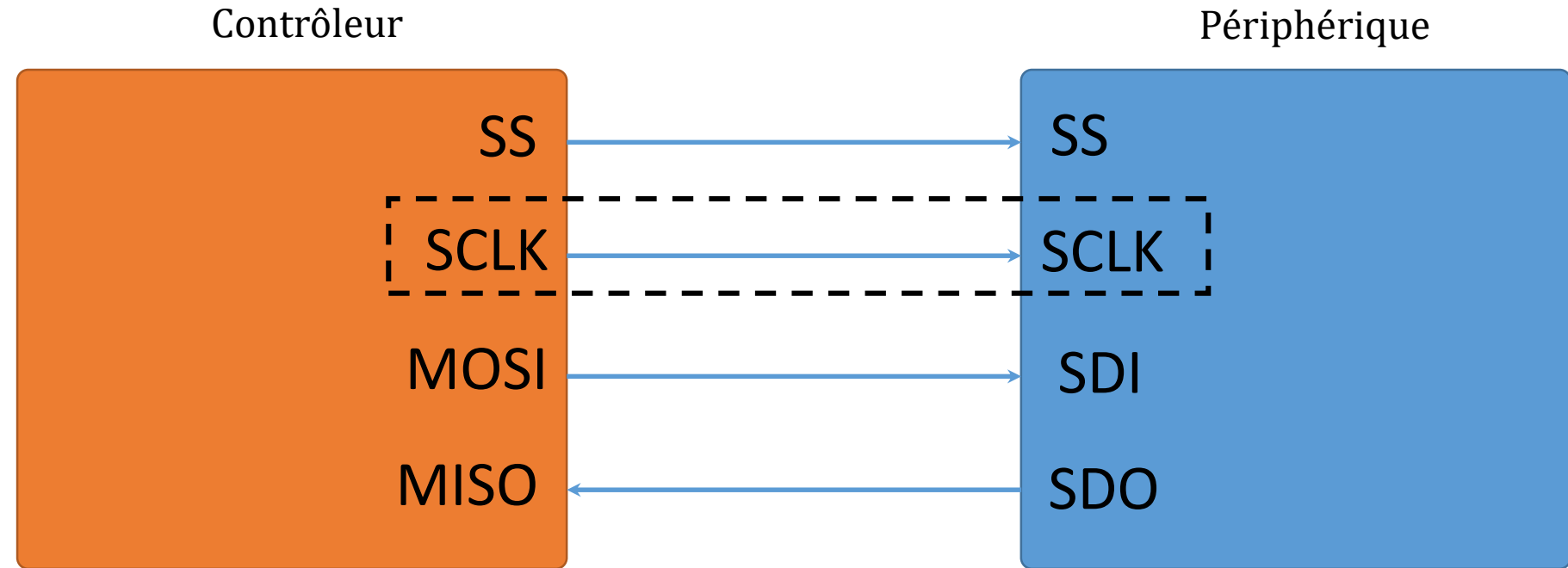
Le bus SPI peut avoir **un seul contrôleur seulement (Master)** qui contrôle **un ou plusieurs périphériques (Esclave)**

1. Le signal CS: **Chip Select** permet de sélectionner le périphérique à interroger
2. Il est souvent **active au niveau bas** indiqué par une barre sur SS
3. Parfois indiqué par SS, CS, SSEL, ...



Le protocole SPI: le signal SCLK

1. Le signal SCLK: **Serial Clock** permet de **synchroniser** le transfert des données entre le maître et les esclaves.
2. Ce signal est généré par le maître et partagé avec les esclaves
3. Les données peuvent être lues soit sur des front **montants** soit **descendants**



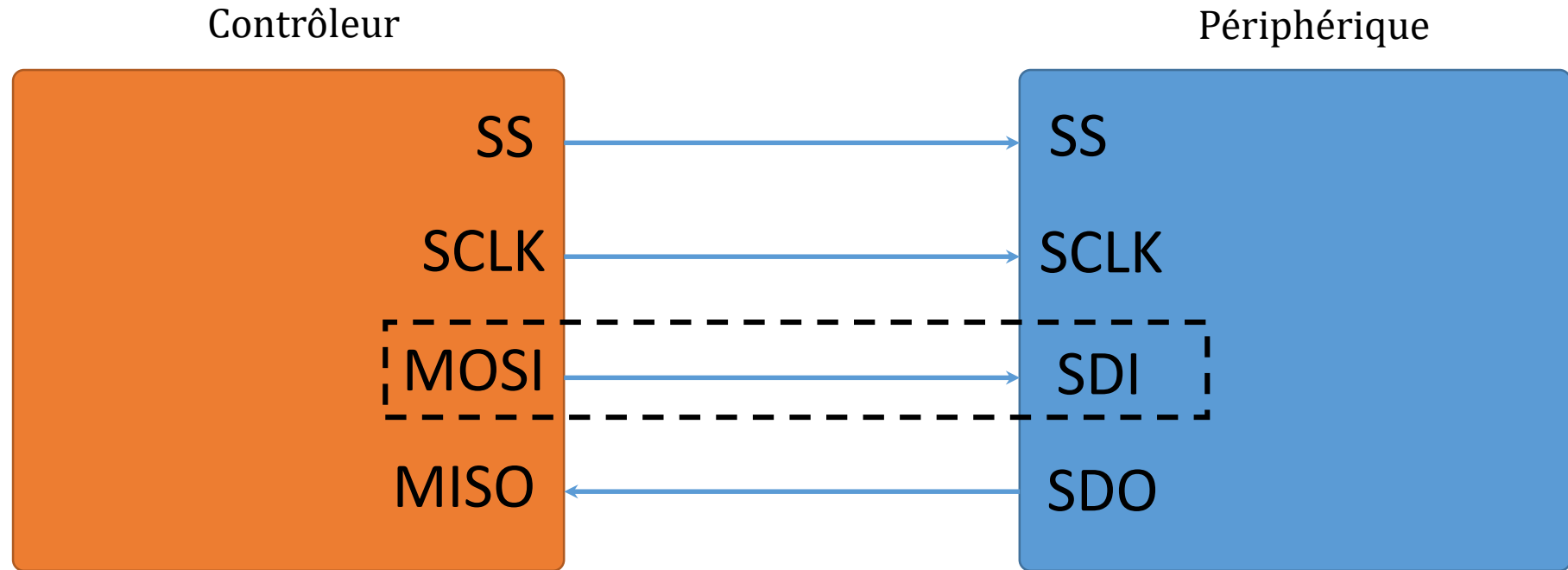
Le protocole SPI: le signal MOSI --- SDI

1. Le signal MOSI: **Main Out**

Sub-node In: c'est la sortie du maître permettant d'envoyer la donnée au périphérique esclave

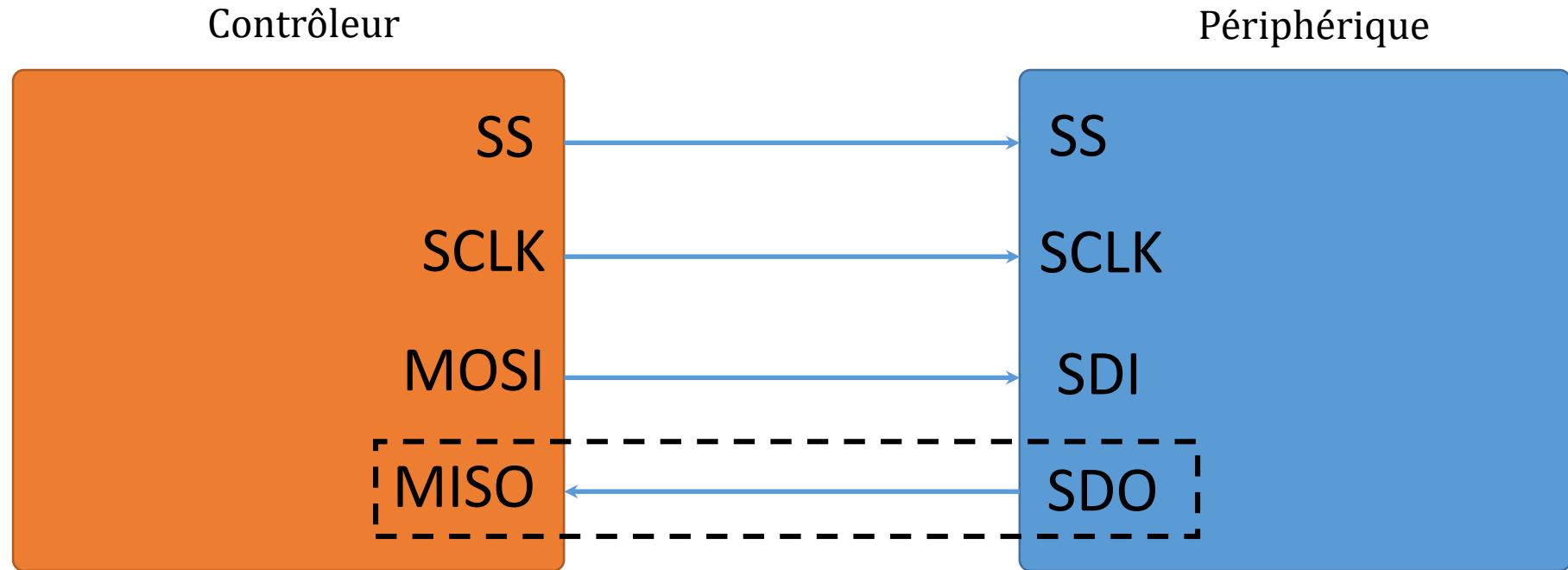
2. Cette sortie peut être **partagée** par plusieurs esclave.

3. SDI: **Sub-node Data In**: c'est la broche d'entrée de l'esclave recevant la donnée du maître.



Le protocole SPI: le signal MISO --- SDO

1. Le signal MISO: **Main In Sub-node Out**: c'est l'entrée du maître permettant de recevoir la donnée envoyée par l'esclave
2. Cette entrée peut être **partagée** par plusieurs esclave.
3. SDO: **Sub-node Data Out**: c'est la broche de sortie de l'esclave envoyant la donnée au maître.



Le protocole SPI: la polarité du signal SCLK

1. Dans un bus SPI, le maître peut sélectionner la **polarité** du signal d'horloge et aussi sa **phase**. Ces deux informations définissent quand et comment les données sont envoyées entre le maître et les esclaves

CPOL définit l'état de repos du signal d'horloge (SCLK) :

- **CPOL = 0** → L'horloge est basse (0V) au repos.
- **CPOL = 1** → L'horloge est haute (+V) au repos.

CPHA définit quand les données sont capturées et transmises :

- **CPHA = 0** → L'esclave échantillonne les données sur le front actif (montant ou descendant, selon CPOL).
- **CPHA = 1** → L'esclave échantillonne les données sur le second front actif.

Le protocole SPI: la polarité du signal SCLK

En fonction des valeurs de CPOL et CPHA il existe quatre modes pour le bus SPI

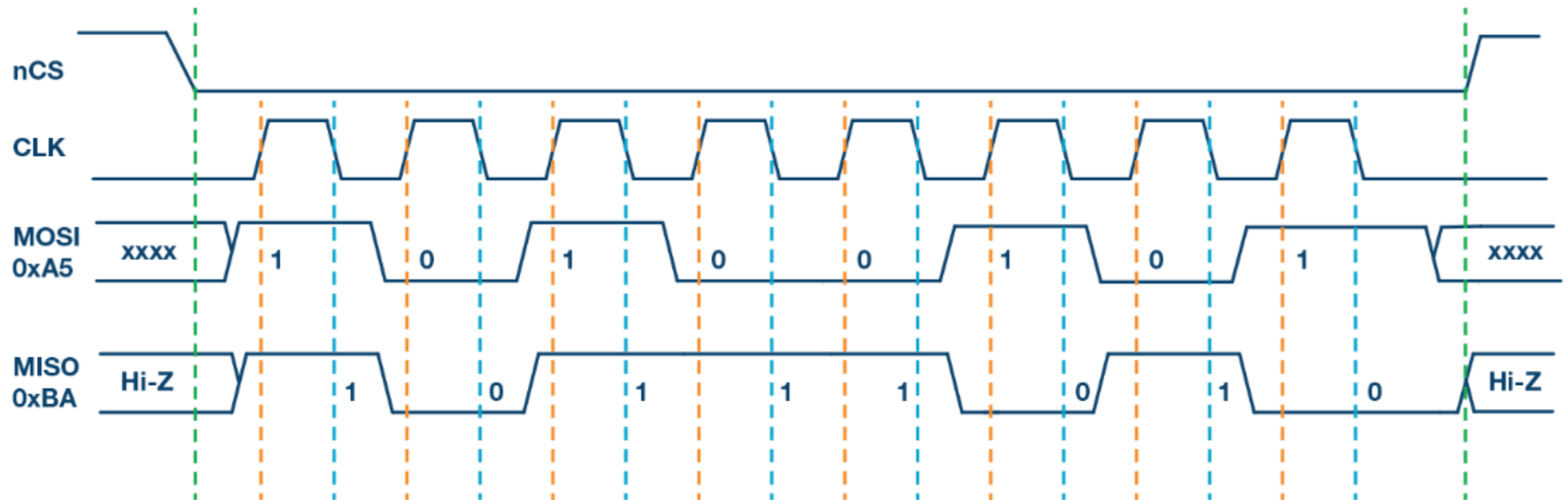
Mode	CPOL	CPHA	Front d'échantillonnage	Front de changement des données
Mode 0	0	0	Front montant	Front descendant
Mode 1	0	1	Front descendant	Front montant
Mode 2	1	0	Front descendant	Front montant
Mode 3	1	1	Front montant	Front descendant

NB.

Le choix entre ses modes dépend des caractéristiques des périphériques contrôlés par le maître.

Le protocole SPI: la polarité du signal SCLK

1. **Exemple:** dans la figure suivante, nous avons $CPOL = 0$ et $CPHA = 0$. donc le signal CLK est inactif à l'état bas et le **changement** de la donnée se fait au **front descendant**. La donnée est lue chaque **front montant** du signal CLK.



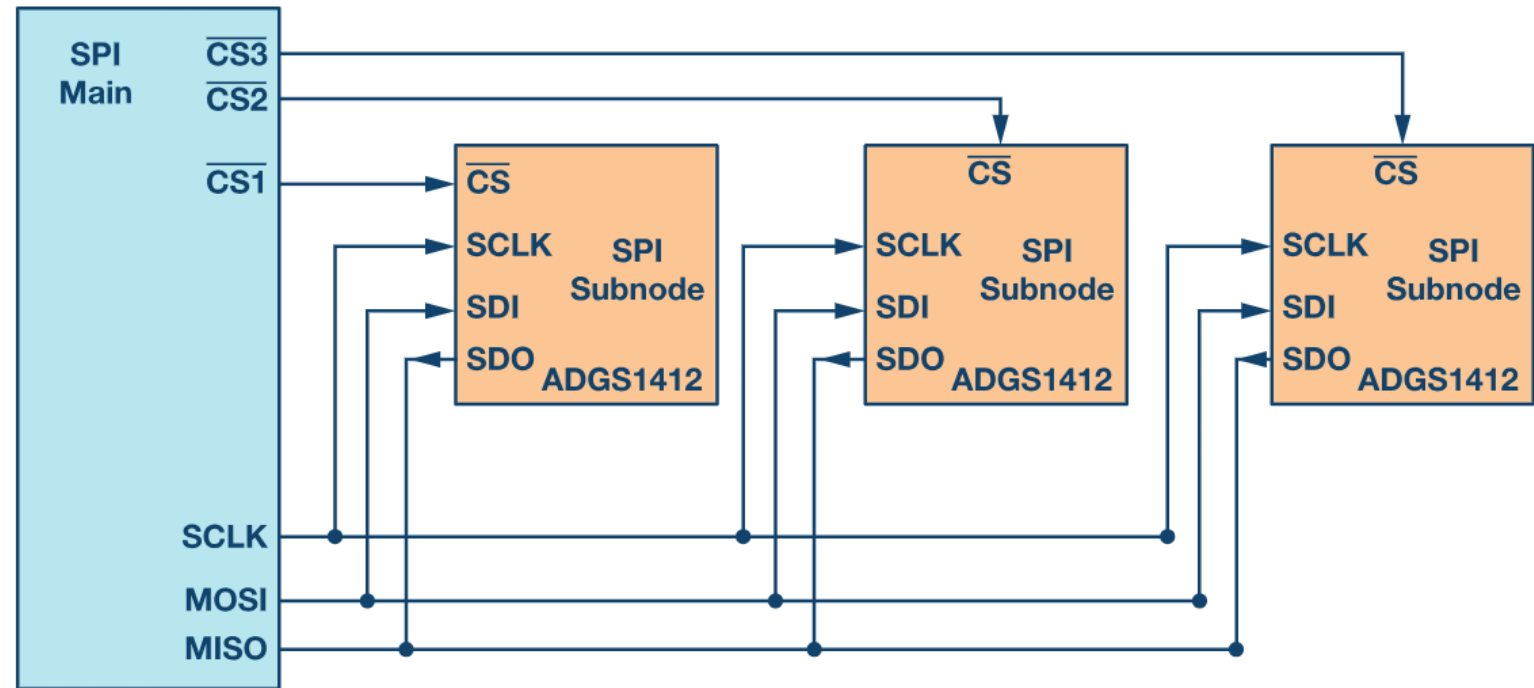
Source:

Introduction to SPI Interface | Analog Devices

Le protocole SPI: un seule maître - plusieurs esclaves

1. Dans cette configuration le maître dispose de plusieurs pins permettant d'activer un ou plusieurs esclaves à la fois
2. Quand le maître envoie une **commande**, plusieurs esclaves peuvent être activés à la fois.
3. Quand le maître cherche à recevoir une **donnée**, un et un seule esclave peut être activé. Sinon, la donnée sur MISO peut être **corrompue**.

Regular SPI Mode:

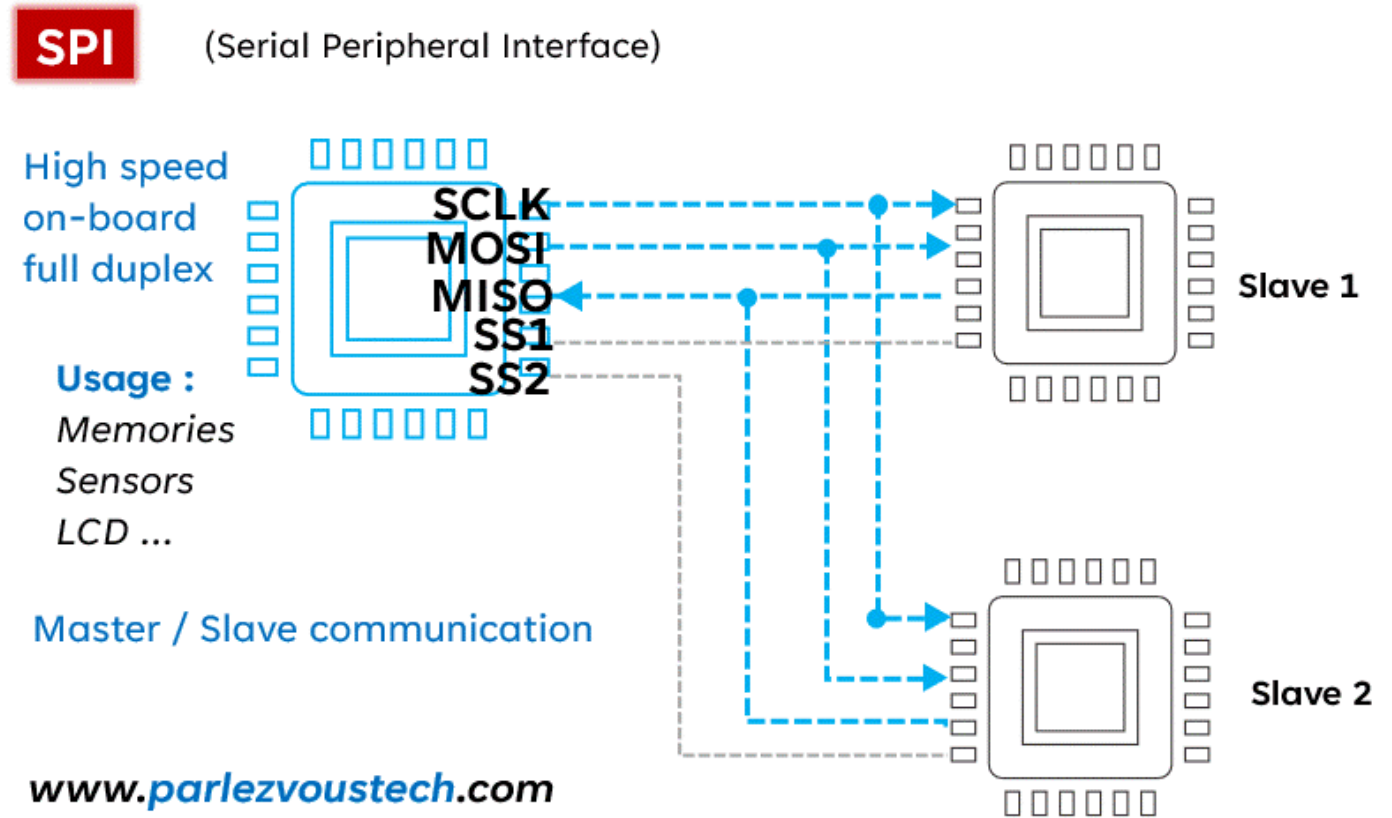


Source:

<https://www.analog.com/en/resources/analog-dialogue/articles/introduction-to-spi-interface.html>

Le protocole SPI: un seule maître - plusieurs esclaves

1. L'animation suivante illustre la communication entre un maître et deux esclaves
2. Premièrement, l'esclave 1 est sélectionner à travers la broche SS1
3. Puis, l'esclave N2 est sélectionné à travers la broche SS2
4. L'animation peut être visualisée sur le site www.parlezvoustech.com



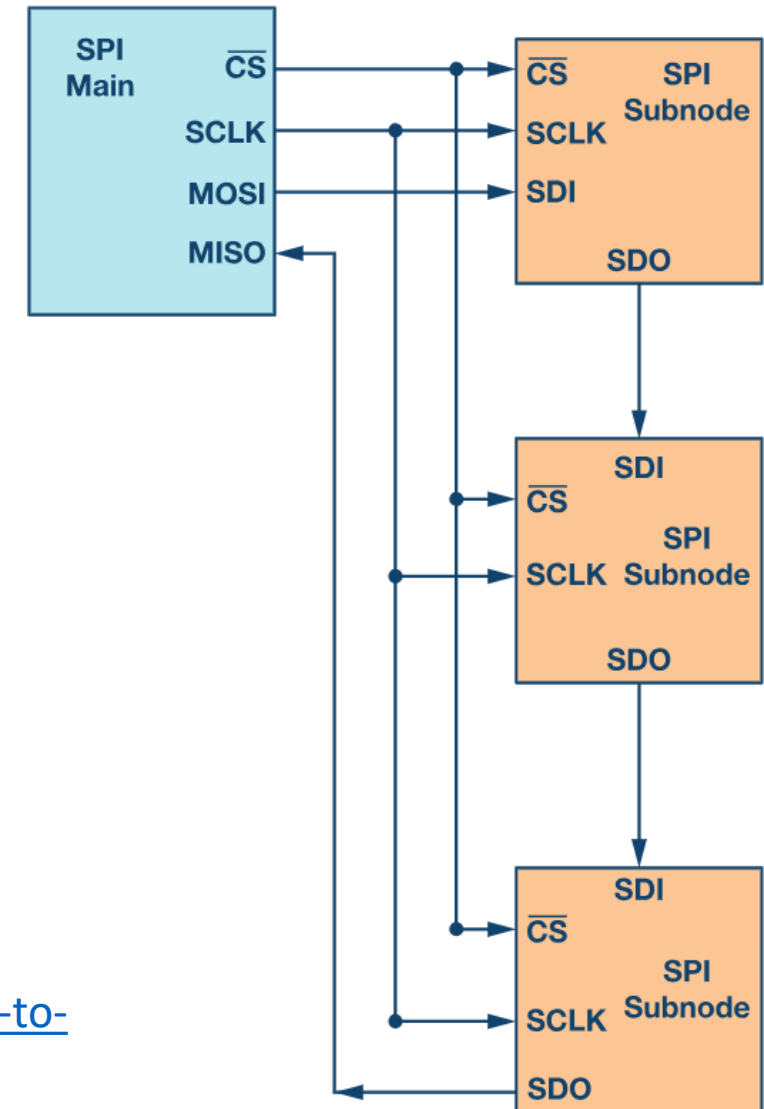
Le protocole SPI: un seule maître - plusieurs esclaves

1. Si le nombre d'esclave est **élevé**, alors pour optimiser le pin CS du maître, on utilise les **esclaves en mode série**.
2. Dans ce cas, la pin **SDO** du périphérique 1 est connecté **périphérique 2** et ainsi de suite...
3. Les trois périphériques ont le même signal d'horloge

Source:

<https://www.analog.com/en/resources/analog-dialogue/articles/introduction-to-spi-interface.html>

Daisy-Chain Method:

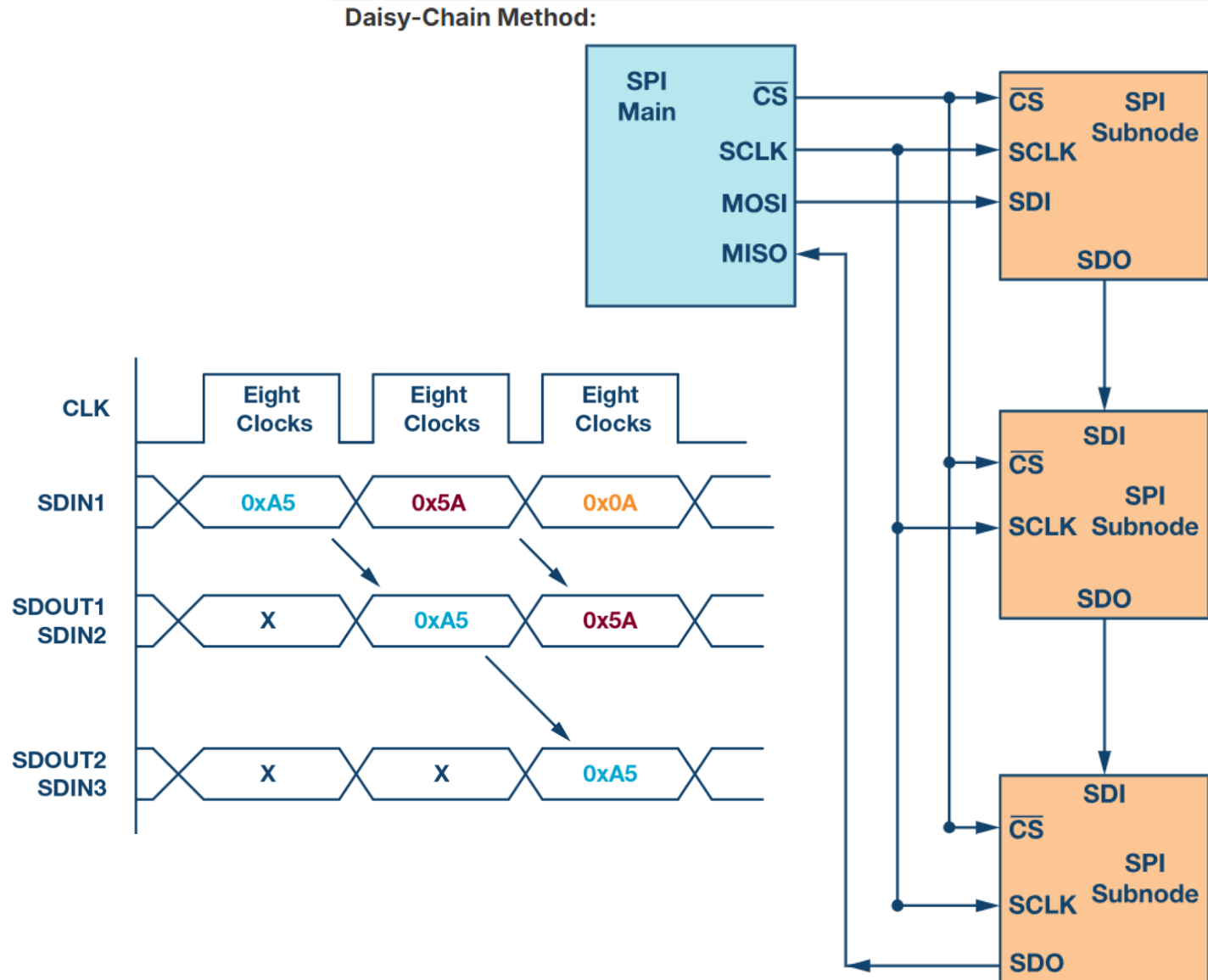


Le protocole SPI: un seule maître - plusieurs esclaves

1. Supposons que les données 0xA5, 0x5A et 0x0A sont à envoyer, respectivement, aux nœuds 3, 2 et 1.
2. Dans ce cas, chaque donnée aura besoin de 8 cycles d'horloge.
3. on commence par la donnée 0xA5, puis 0x5A puis 0x0A

Source:

<https://www.analog.com/en/resources/dialogue/articles/introduction-to-spi-interface.html>



Le protocole SPI: avantages et limitations

1. Avantages :

- ✓ Communication rapide
- ✓ Mode full-duplexe
- ✓ Simplicité de la conception
- ✓

2. Inconvénients :

- ❖ Nécessite plusieurs pins
- ❖ N'est pas pratique pour communiquer avec plusieurs esclaves
- ❖ Possibilité d'interférence à des vitesses élevées

3. Utilisation :

- ✓ Le SPI est idéal pour les situations nécessitant **des transferts de données rapides et fiables**, comme les écrans TFT, les cartes mémoire SD, les EERPOM et les modules de communication sans fil. Cependant, son efficacité diminue dans les systèmes complexes avec de nombreux esclaves.