

Universidad de Costa Rica

Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Eléctrica  
IE-0523 Circuitos Digitales II

Tarea 2

## Protocolo SPI

Elian Muñoz Gómez - B95412

Profesora: Ana Eugenia Sánchez Villalobos

27 de octubre de 2024

# Índice

<b>1. Señales y Conexiones</b>	<b>1</b>
<b>2. Resultados</b>	<b>2</b>
2.1. Análisis de las Formas de Onda del Protocolo SPI . . . . .	2
<b>3. Instrucciones de uso</b>	<b>3</b>

Índice de figuras

1. Formas de onda del Protocolo SPI . . . . . 3

# 1. Señales y Conexiones

## ■ Señales:

- **clk**: Señal de reloj que sincroniza las operaciones del sistema.
- **reset**: Señal de reinicio que inicializa el sistema y establece los valores de las señales en su estado inicial.
- **datain** (16 bits): Datos de entrada del maestro que serán transmitidos a los esclavos a través de **MOSI**.
- **CS\_SLAVE1** y **CS\_SLAVE2**: Señales de selección de esclavo. Cuando una de estas señales está baja, indica que el esclavo correspondiente está seleccionado y puede comunicarse con el maestro.
- **sclk**: Señal de reloj SPI generada internamente para controlar la sincronización de datos en la línea de comunicación entre el maestro y el esclavo, esta se inicia una vez cualquiera de los CS se encuentre en bajo.
- **MOSI** (16 bits): Línea de datos de salida donde el maestro envía datos a los esclavos.
- **MISO** (16 bits): Línea de datos de entrada donde el maestro recibe datos de los esclavos.
- **counter** (16 bits): Contador que se utiliza para llevar el seguimiento de los bits transmitidos desde el maestro.
- **counter2** (16 bits): (Señal Agregada) Segundo contador utilizado para controlar tiempos específicos en la comunicación, para manejar la transición entre los esclavos, y para llevar el seguimiento de los bits transmitidos y recibidos de los slaves.

## ■ Conexiones:

- **Señales de selección de esclavos (CS\_SLAVE1 y CS\_SLAVE2)**: El maestro controla la selección de los esclavos mediante las señales **CS\_SLAVE1** y **CS\_SLAVE2**. Cuando **CS\_SLAVE1** está baja (0), **SLAVE1** está activo y recibe los datos a través de **MOSI** y sincronizado con **sclk**. Similarmente, cuando **CS\_SLAVE2** está baja, **SLAVE2** está activo y puede recibir y enviar datos.
- **Control del reloj SPI (sclk)**: La señal de reloj SPI (**sclk**) es generada internamente en el módulo **master** a partir de la señal de reloj principal (**clk**) mediante la señal **sclk**. Este reloj alterna en cada ciclo del estado de transmisión para sincronizar la comunicación con el esclavo seleccionado. Tanto **SLAVE1** como **SLAVE2** comparten esta señal de reloj, pero solo el esclavo cuyo **CS** está activo responde a las transiciones de **sclk**.
- **MOSI**: La línea **MOSI** es compartida entre ambos esclavos, y el maestro envía los datos en esta línea bit a bit, controlando el reloj y el conteo de bits mediante la señal **count**. Los datos se transmiten en orden desde el bit más significativo hacia el menos significativo.
- **MISO**: La línea **MISO** permite que el maestro reciba datos de los esclavos. Sin embargo, solo el esclavo cuyo **CS** está desactivado debería enviar datos en **MISO** para evitar conflictos en la línea compartida.
- **counter(Control del envío de datos del MOSI)** (16 bits): Contador que se utiliza para llevar el seguimiento de los bits transmitidos desde el maestro.
- **counter2(Control de envío de datos MISO)** (16 bits): Segundo contador utilizado para controlar tiempos específicos en la comunicación, para manejar la transición entre los esclavos, y para llevar el seguimiento de los bits transmitidos de los slaves.

## 2. Resultados

### 2.1. Análisis de las Formas de Onda del Protocolo SPI

El análisis de las formas de onda del protocolo SPI es el siguiente:

#### ■ Entradas y Salidas Observadas:

- *clk*: La señal de reloj principal está funcionando correctamente, proporcionando los flancos ascendentes necesarios para la sincronización de las operaciones del sistema.
- *datain* [15:0]: Esta entrada paralela representa los datos de entrada que el maestro enviará a los esclavos a través de la línea *MOSI*.
- *MOSI* [15:0]: La línea de datos de salida del maestro, en la cual se envían los bits de *datain* a los esclavos de manera secuencial en cada flanco de *sclk*.
- *MISO* [15:0]: Línea de datos de entrada del maestro, en la cual los esclavos envían los datos de vuelta al maestro. Los datos observados en *MISO* corresponden a los bits transmitidos desde el esclavo activo.
- *CS\_SLAVE1* y *CS\_SLAVE2*: Señales de selección de esclavo. Cuando una de estas señales está baja (0), indica que el esclavo correspondiente está activo y puede comunicarse con el maestro.
- *sclk*: Reloj de comunicación SPI, generado internamente en el módulo maestro, que sincroniza la transmisión y recepción de datos en las líneas *MOSI* y *MISO*.
- *reset*: La señal de reset inicializa el sistema. En el momento mostrado, el reset está en alto, indicando que el sistema está en su estado inicial.

#### ■ Funcionamiento Observado:

- Al observar la señal *datain*, podemos ver que contiene el valor 1010010101010001.
- La señal *MOSI* muestra los bits de *datain* de manera secuencial en cada ciclo de *sclk*, comenzando desde el bit más significativo (MSB) hasta el menos significativo (LSB).
- Las señales *CS\_SLAVE1* y *CS\_SLAVE2* se activan secuencialmente, lo que indica que el maestro está alternando la comunicación entre ambos esclavos. Inicialmente, *CS\_SLAVE1* baja, permitiendo la comunicación con el esclavo 1, y luego *CS\_SLAVE2* baja para activar el esclavo 2.
- La señal *MISO* contiene los datos recibidos desde el esclavo activo. A medida que el maestro alterna la selección de esclavos, los bits en *MISO* cambian según los datos enviados por el esclavo correspondiente.

#### ■ Resultado Esperado:

- Los bits de *datain* (1010010101010001) se transmiten correctamente hacia la línea *MOSI* en cada ciclo de *sclk*, lo que demuestra que el maestro está enviando los datos de acuerdo al diseño del protocolo SPI.
- La señal *MISO* refleja los datos recibidos de los esclavos en el orden esperado, y la sincronización entre *sclk*, *MOSI*, y *MISO* confirma el correcto funcionamiento de la comunicación maestro-esclavo.
- La alternancia de *CS\_SLAVE1* y *CS\_SLAVE2* indica que el maestro controla correctamente la selección de esclavos, permitiendo una comunicación ordenada y sin interferencias.

En conclusión, las formas de onda demuestran que el protocolo SPI está funcionando correctamente. Los datos de la entrada paralela se desplazan secuencialmente a través de *MOSI* y los datos de *MISO* corresponden al esclavo activo, con la sincronización adecuada proporcionada por *sclk*.

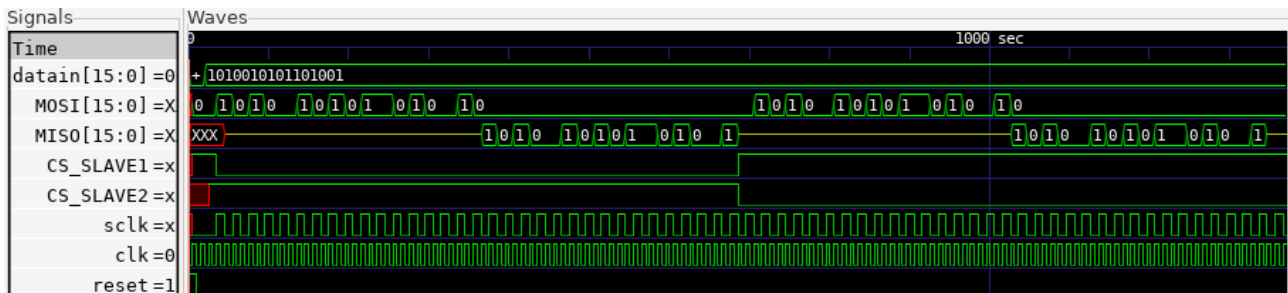


Figura 1: Formas de onda del Protocolo SPI

### 3. Instrucciones de uso

make