

Laboratorio 2

Progettazione di uno slave SPI

26 novembre 2023

Introduzione

L'obiettivo di questo laboratorio è progettare un'interfaccia slave SPI che permetta ad un master SPI di effettuare operazioni di lettura e scrittura su dei registri.

Interfaccia

I segnali del blocco progettato sono i seguenti:

- SPI: Il protocollo SPI utilizzato è quello corrispondente alla modalità CPOL=0, CPHA=1. Nella figura 1, estratta dal datasheet del microcontrollore STM32L496 impiegato in questa esperienza come master SPI, è visibile il diagramma temporale dei segnali. Si ipotizzi che il bus SPI abbia una frequenza di clock inferiore o uguale ad 1 MHz. I segnali utilizzati sono:
 - SCK, ingresso: Clock della interfaccia SPI. Sia il master che lo slave cambiano le proprie uscite di dato in conseguenza di una transizione in salita di SCK. Sul fronte di discesa di SCK, invece, sia il master che lo slave campionano il dato in ingresso.
 - MOSI, ingresso: Linea dati in uscita dal master ed in ingresso allo slave.
 - MISO, uscita: Linea dati in uscita dallo slave ed in ingresso al master. Data la possibile presenza di più slave, il segnale MISO deve poter essere messo in alta impedenza quando la periferica non è selezionata.
 - nSS, ingresso: Segnale di selezione della periferica, attivo basso.

- Register interface: Tutti i segnali sono sincroni con il clock (CK).
 - CK, ingresso: Clock della FPGA. La frequenza in ingresso e' pari a 10 MHz. Il fronte attivo è quello di salita.
 - A, uscita: Bus indirizzi, su 8 bit, che indicizza il registro esterno su cui si vuole operare.
 - DIN, uscita: Bus dati, su 16 bit, utilizzato durante le operazioni di scrittura, per veicolare ai registri esterni il dato che vi deve essere caricato.
 - DOUT, ingresso: Bus dati, su 16 bit, utilizzato durante le operazioni di lettura, per ricevere dai registri esterni il dato che dovrà essere restituito al master SPI.
 - RD, uscita: Segnale, della durata di un colpo di clock, che indica ai registri esterni la necessità di una lettura. Contemporaneamente a questo segnale sarà anche fornito l'indirizzo del registro di cui si vuole conoscere il contenuto. Il dato sarà campionato dallo slave SPI il colpo di clock successivo.
 - WR, uscita: Segnale, della durata di un colpo di clock, che indica ai registri esterni una operazione di scrittura. Contemporaneamente all'attivazione di questo segnale, sono forniti ai registri anche l'indirizzo selezionato, ed il dato da scrivere.

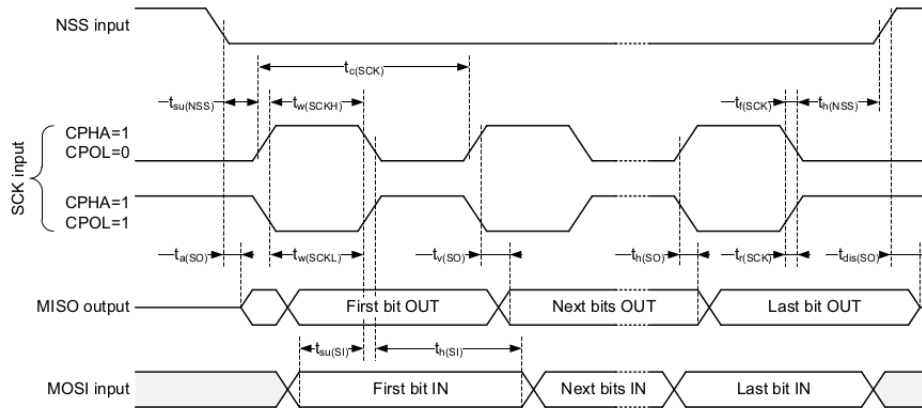


Figura 1: Diagramma temporale del bus SPI

Protocollo ad alto livello

Poiché l'interfaccia SPI non definisce il significato dei singoli bit trasmessi, è necessario dettagliare ulteriormente il formato dell'informazione che transita sul bus SPI. Le transazioni da realizzare sono:

- Scrittura:
 - Il master SPI seleziona la periferica ed invia le seguenti informazioni sulla linea MOSI:
 - * CMD: 8 bit, che rappresentano il comando da eseguire. Nel caso della scrittura, questi 8 bit assumono il valore decimale 32 (20 in esadecimale).
 - * ADDR: 8 bit, che rappresentano l'indirizzo del registro che si desidera selezionare.
 - * DATA: 16 bit, che rappresentano il dato che dovrà essere scritto nel registro selezionato.
 - Il master SPI deselecta la periferica.
- Lettura:
 - Il master SPI seleziona la periferica, ed invia le seguenti informazioni sulla linea MOSI:
 - * CMD: 8 bit, che rappresentano il comando da eseguire. Nel caso della lettura, questi 8 bit assumono il valore decimale 33 (21 in esadecimale).
 - * ADDR: 8 bit, che rappresentano l'indirizzo del registro che si desidera selezionare.
 - Lo slave SPI invia 16 bit sulla linea MISO, rappresentanti il contenuto del registro selezionato.
 - Il master SPI deselecta la periferica.

Test su scheda VirtLAB

Una volta verificato il corretto comportamento dello slave SPI mediante simulazioni, è necessario verificare il funzionamento anche su una piattaforma fisica, utilizzando la scheda VirtLAB.

Al fine di eseguire il test, è fornito un programma in formato eseguibile (virtlab-user-spi-tester.elf), da caricare sul microcontrollore **user** della

scheda. La programmazione può essere effettuata mediante lo strumento software STM32CubeProgrammer, già utilizzato in precedenza per la programmazione del microcontrollore **master**.

Il programma così caricato configura la porta USB **utente**, collocata tra i connettori J601 e J603, come seriale virtuale. Mediante un emulatore di terminale seriale è possibile inviare al microcontrollore i seguenti comandi:

- Wrrdddd Scrive il dato a 16 bit 'dddd' nel registro 'rr'
- Rrr Legge un dato a 16 bit dal registro 'rr'

Il numero del registro (rr) è rappresentato su 8 bit, in formato esadecimale. Il dato (dddd) è rappresentato su 16 bit, sempre in formato esadecimale.

I segnali della interfaccia SPI del microcontrollore sono i seguenti:

- IO12: nSS
- IO13: SCK
- IO14: MISO
- IO15: MOSI

Il funzionamento sarà verificato se la lettura e la scrittura di registri funzionano correttamente, ovvero se il dato letto corrisponde a quello scritto in ciascun registro. Non è sufficiente effettuare una lettura di un registro appena dopo averlo scritto, dal momento che questa operazione non verifica il funzionamento dell'indirizzamento. È quindi opportuno prima effettuare alcune scritture su registri differenti, e successivamente provare a rileggerli in un ordine arbitrario.