

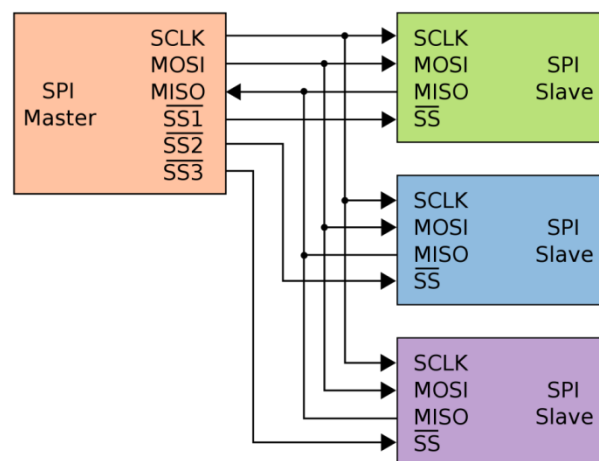
INHOUD

SPI : Serial Peripheral Interface.....	1
Algemeen	1
SPI protocol.....	2
Klokpolariteit.....	3
CASE 1. MAX5385 DAC.....	4
CASE 2: FM25640 FRAM Memory.....	5
SPI Praktisch.....	7
Uitdagingen:.....	7
Datacom-fiche.....	8

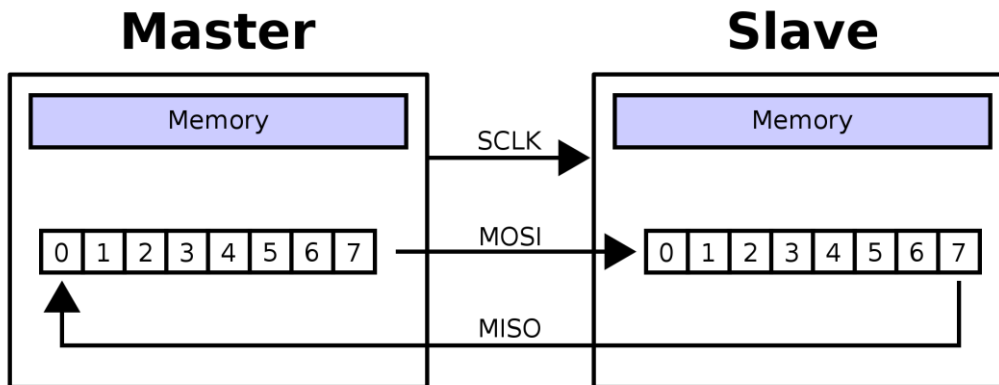
SPI : SERIAL PERIPHERAL INTERFACE

ALGEMEEN

- SPI : Serial Peripheral bus
- Ontworpen door Motorola
- Zelfde doel als I2C: communicatie tussen IC's op zeer korte afstand <1m
- Master slave principe
- Werkt met gewone TTL signalen
- Full duplex (I2C is half duplex)
- Synchroon - er is dus een extra kloklijn vereist
- Geen adressering – wel een slave select lijn per slave om de slave te activeren
- 4 lijnen: SCLK (serial clock), MOSI (master out slave in), MISO (Master in slave out) en SS (slave select) per slave
- Sneller dan I2C door de full duplex communicatie en het ontbreken van adressering (I2C standaard tot 400Kbps – SPI kan zelfs tot 100Mbps gaan maar met onze uC is de maximum snelheid meestal 5 Mbps)
- Voornaamste nadeel van SPI is dat er voor elke slave een extra SS lijn vereist is.
- Een ander nadeel is dat er geen ACK bit is voorzien. Er is dus geen controle of de data wel is aangekomen.



SPI PROTOCOL



In vele gevallen wordt een SPI communicatie op de volgende manier tot stand gebracht. Een schuifregister van de master wordt gekoppeld aan een schuifregister van de slave. Deze schuifregisters zijn bij SPI overigens niet beperkt tot 8 bits. Dikwijls zijn dit 12 bit registers bij ADC's of 16 bit registers bij temperatuur sensors.

Een slave wordt geselecteerd door de betreffende SS lijn laag te maken. Laag is hier de actieve toestand – hoog is de idle toestand.

Gedurende elke clock cyclus gebeurt dikwijls iets in de aard van het volgende – al wordt dit zeker niet bij alle SPI modules allemaal doorlopen, dat demonstreren we meteen al bij de twee cases die we zullen bestuderen.

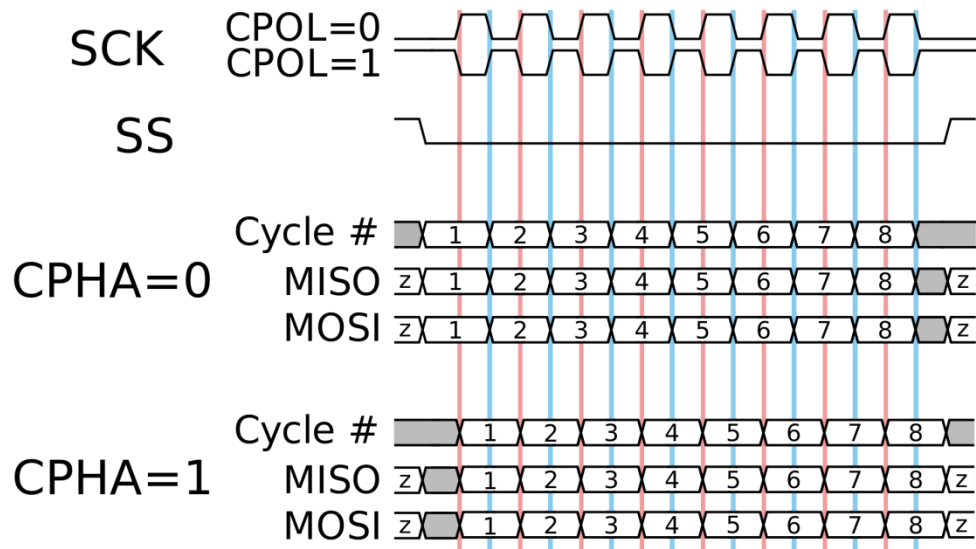
- De master stuurt een bit op de MOSI lijn – de slave leest deze bit van deze lijn.
- De slave zet een bit op de MISO lijn – de master leest deze bit van deze lijn.

De master stopt het kloksignaal als deze klaar is met het verzenden van data.

Deze eenvoudige structuur laat het toe om – op microcontrollers waar standaard geen hardware SPI module aanwezig is – SPI zeer eenvoudig via software te bitbangen op éénder welke pins.

KLOKPOLARITEIT

Een configuratie die bij SPI zeer belangrijk is zijn de klokpolariteit (CPOL) en de klok-fase (CPHA). Omdat een klok in rust 0 of in rust 1 kan zijn en omdat je bij een klokfase kan kiezen tussen een stijgende of een dalende flank, zijn er in totaal 4 SPI modes waarnaar in datasheets regelmatig gerefereerd wordt.



Als CPOL = 0, dan is de rustwaarde van de klok laag en kan

De data worden binnen gehaald op de stijgende flank en nieuwe data kan op de bus worden gezet op de dalende flank (CPHA = 0)

De data worden binnen gehaald op de dalende flank en nieuwe data kan op de bus worden gezet op de stijgende flank (CPHA = 1)

Als CPOL = 1, dan is de rustwaarde van de klok hoog en kan

De data worden binnen gehaald op de dalende flank en nieuwe data kan op de bus worden gezet op de stijgende flank (CPHA = 0)

De data worden binnen gehaald op de stijgende flank en nieuwe data kan op de bus worden gezet op de dalende flank (CPHA = 1)

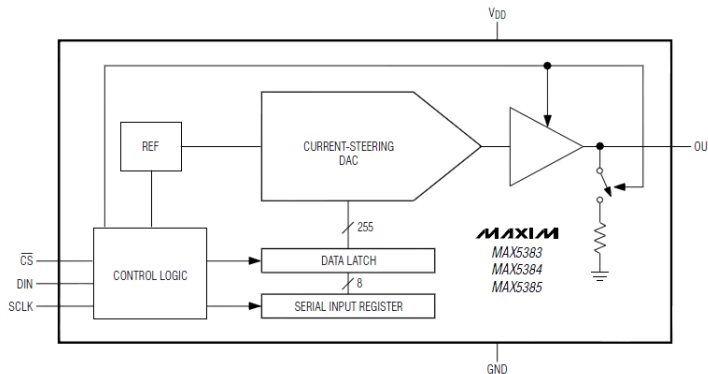
CPHA = 0 betekent: sample op de eerste flank (stijgend als CPOL = 0 en dalend als CPOL = 1)

Deze 4 modes hebben een officiële nummer toegewezen gekregen. Deze mode-nummer wordt vaak vermeld in datasheets.

Mode	CPOL	CPHA
0	0	0
1	0	1
2	1	0
3	1	1

CASE 1. MAX5385 DAC

- Genereert analoge spanningen tussen 0V en 0.9 x VDD
- 0000 0000 = 0Volt
- 1111 1111 = 0.9 x VDD (4.5Volt als VDD = 5Volt)



Je ziet hier een /CS (Chip select) die hier de Slave Select lijn voorstelt, De SCLK lijn waarop de Master de Serial clock zet en de DIN of digital in lijn die de MOSI lijn moet voorstellen. Vermits een DAC enkel data moet binnen krijgen van de master en niet wordt verondersteld data terug te sturen naar de master is er hier geen MISO lijn aanwezig.

Table 2. Shutdown Modes

DAC CODE [D13 AND D12]	MODE	OUTPUT RESISTANCE TO GROUND (Ω)	MAXIMUM SUPPLY CURRENT (μA)
01	Shutdown	1k	1
10	Shutdown	100k	1
11	Shutdown	1M	1

Table 3. Serial Interface Mapping

16-BIT SERIAL WORD				ANALOG OUTPUT	FUNCTION
MSB			LSB		
XX00	0000	0000	XXXX	0V	Normal operation
XX00	1111	1111	XXXX	$V_{REF} \times (255/256)$	Normal operation
XX00	0000	0001	XXXX	$V_{REF} \times (1/256)$	Normal operation
XX00	1000	0000	XXXX	$V_{REF} \times (128/256)$	Normal operation
XX01	XXXX	XXXX	XXXX	0V	Shutdown, 1kΩ to GND
XX10	XXXX	XXXX	XXXX	0V	Shutdown, 100kΩ to GND
XX11	XXXX	XXXX	XXXX	0V	Shutdown, 1MΩ to GND

X = Don't care

Elke communicatie bestaat hier uit een 16 bit woord. De twee MSB's zijn niet van belang. Met bit 13 en 12 bepaal je of de DAC aanstaat (00) of deze uitstaat (01-10-11). Wanneer de DAC uit staat kan je met deze twee bits bepalen wat de output weerstand van de DAC moet zijn. Er is een keuze tussen 1K, 100K en 1M Ohm.

Indien bit 13 en 12 beide 0 zijn – staat de DAC aan. Bit 11 t/m Bit 4 bepalen dan de 8 bit waarde die naar een analoge waarde zal worden omgezet.

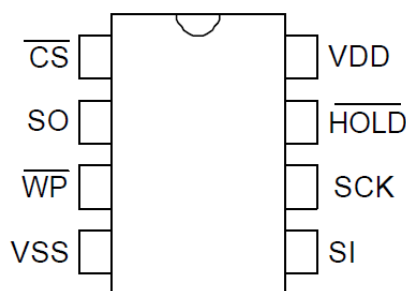
Bit 3 t/m bit 0 zijn hebben weerom geen betekenis.

Je zou je bij deze component kunnen afvragen of de functie om de DAC uit te kunnen zetten wel opweegt tegen de complexiteit die nu gecreëerd wordt. Gewoon telkens een 8 bit waarde doorsturen zou eenvoudiger zijn en zou ook 2 maal zo snel kunnen gebeuren. Blijkbaar is het kunnen uitschakelen van de DAC toch belangrijk genoeg.

CASE 2: FM25640 FRAM MEMORY

Deze IC bevat 64Kbit FRAM geheugen. FRAM of Ferro-Elektric RAM is een vervanger voor EEPROM die toch niet vluchtig is, die veel sneller leest en schrijft, minder stroom verbruikt en veel meer malen kan worden overschreven.

Dit geheugen van 64Kbits is georganiseerd in 8192 lijnen van 8 bits. Om 8192 lijnen te kunnen adresseren heb je een 13 bit adres nodig ($2^{13} = 8192$).



Pin Names	Function
/CS	Chip Select
SO	Serial Data Output
/WP	Write Protect
VSS	Ground
SI	Serial Data Input
SCK	Serial Clock
/HOLD	Hold
VDD	5V

Table 1. Op-code Commands

Name	Description	Op-code value
WREN	Set Write Enable Latch	00000110b
WRDI	Write Disable	00000100b
RDSR	Read Status Register	00000101b
WRSR	Write Status Register	00000001b
READ	Read Memory Data	00000011b
WRITE	Write Memory Data	00000010b

Figure 9. Memory Write

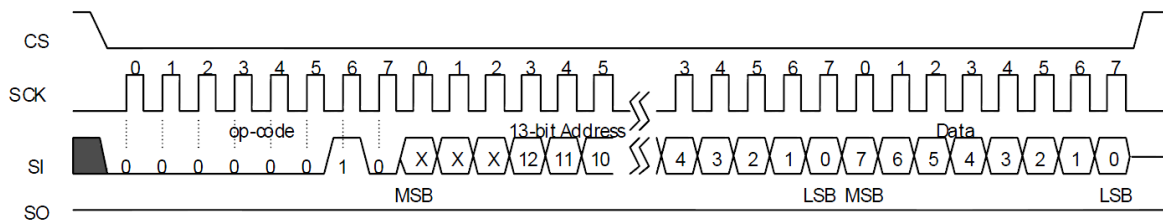
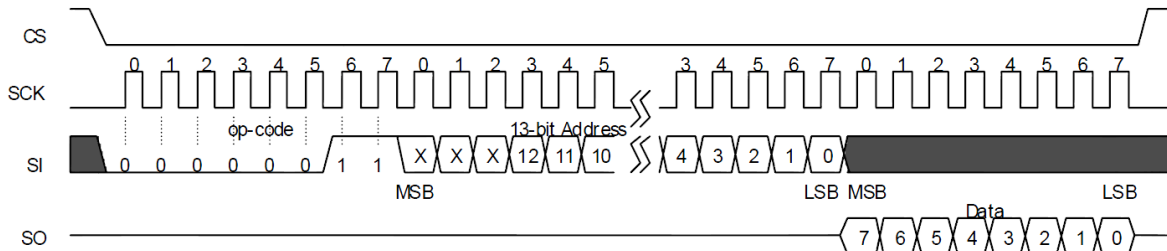


Figure 10. Memory Read



Communicatie met deze FRAM IC gebeurt altijd in blokken van 4 bytes. De 3 LSB's van de hoogste byte bepalen het OP-CODE COMMANDO, met andere woorden – welk commando we het FRAM geheugen willen geven- Zo betekent 010 : Schrijf naar het geheugen en zo betekent 011: lees van het geheugen.

In het bovenste tijdvolgorde diagramma gaan we data wegschrijven in het geheugen. We zetten dus de opcode 0b 0000 0010 op de MOSI lijn.

Dan volgt een 13 bit adres – verpakt in een 16 bit woord. De 3 LSB's van dit 16 bit woord worden dus niet gebruikt.

Als laatste volgt de 8 bit data die we naar het specifieke adres in het FRAM geheugen willen schrijven. De MISO lijn blijft de hele tijd in tri state.

Lezen uit dit FRAM geheugen gebeurt eigenlijk exact hetzelfde. We sturen de opcode 0b 0000 0011 die 'read memory data' betekent.

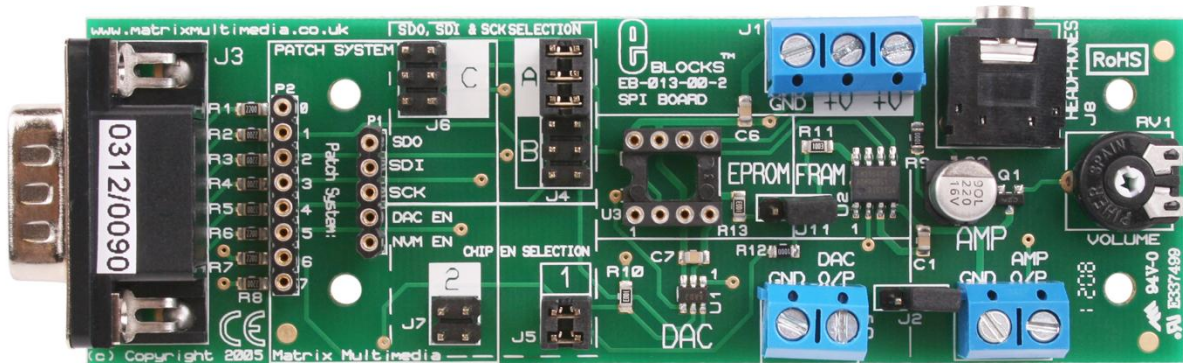
Vervolgens sturen we het 13 bit adres van de byte die we willen uitlezen.

De SPI Slave zal nu de 8 bits data van het gevraagde adres – MSB eerst – op de MISO bus zetten. Let wel op dat de master de klok moet blijven genereren tot de data binnen is.

Ook hier kunnen we ons afvragen of de 3 bits die de opcode bepalen niet beter aan de 13 bits van het adres waren gehangen. Zo zouden we het bericht van 4 naar 3 bytes kunnen brengen en zo zouden we 25% winnen in snelheid maar ook hier zullen de ontwerpers van deze IC wel hun redenen gehad hebben.

SPI PRAKTISCH

Matrixmultimedia heeft in z'n gamma E-blocks de EB013 zitten. Op deze E-blocks zit zowel een FM25640 FRAM Memory als een MAX5385 DAC IC identiek aan degenen die hierboven besproken zijn. De uitgangsspanning van de DAC kan rechtstreeks gemeten worden of via een kleine versterker naar een 3.5mm jack hoofdtelefoonaansluiting gestuurd worden.



Onder de SPI map zijn 2 Flowcode voorbeeldprogramma's terug te vinden die een aansturing van beide modules demonstreren.

UITDAGINGEN:

- Zoek een temperatuursensor die via het SPI protocol werkt.
- Zoek een 10 bit ADC omzetter die via het SPI protocol werkt
- Zoek op wat een MAX350 doet. Zou deze bijvoorbeeld geschikt kunnen zijn om een stereo audiosignaal afwisselend naar 4 verschillende verbruikers te sturen?
- Genereer een zaagtand aan de uitgang van de SPI DAC IC.
- Genereer een driehoekspanning aan de uitgang van de SPI DAC IC.
- Maak gebruik van een microcontroller met ingebouwde ADC, Een SPI FRAM geheugen en een SPI DAC zoals die op het EB013 bordje van Matrix staan. Maak hiermee een dictafoon die gedurende 8 seconden de audiosignalen aan de ADC ingang van de uC opslaat in het FRAM geheugen en na 8 seconden deze opgenomen data terug afspeelt via de DAC. $8 \text{ bit DAC} \times 8 \text{ seconden} \times 1000 \text{ samples per seconde} = 64 \text{ Kbit data!}$
- Ontwerp in C zelf een SPI library. Gebruik hiervoor de datasheet. De PIC16F887 heeft een module aan boord die zowel de SPI als de I2C communicatie voor zich neemt.
- Ontwerp in C zelf een SPI library, volledig gebitbanged. De gebruiker van deze LIB moet de keuze krijgen op welke pins hij/zij de SPI communicatie wil zetten.
- Vul de datacom fiche zo volledig mogelijk in.

DATACOM-FICHE

Naam:..... **Klas:** **Nr:**..... **Datum:**.....

Te bespreken protocol:

Algemeen:

Parallel/Serieel		Karakterbeveiliging	pariteitsbit ? ...?
Synchroon/Asynchroon		Karaktersynchronisatie	Startbit? Stopbit? ...?
Simplex/half/Full duplex		Berichtbeveiliging	CRC? LRC/VRC? ...?
Bitstuffing	Zoja - hoe?	Berichtsynchonisatie	TSX ? , ETX ? , ...?
Hardware in uC en/ of bitbanging	Zit er hardware in de uC die deze communicatie rechtstreeks kan genereren? Zoja - plaats hier dan een blokschema. Zou bitbanging ook mogelijk zijn?		

7 lagen model

Application	Is er een applicatie die de link vormt tussen mens en machine - heb je deze zelf geschreven? In welke taal? Naam programma. Welke link is er met de mens?
Presentation	Wordt de informatie uit de applicatie op één of andere manier vertaald naar een standaardformaat? Is er een besturingssysteem aanwezig?
Session	Is er een module die op bepaalde momenten de communicatie opzet en op andere momenten weer terug afbreekt?
Transport	Is er een bepaald systeem opgezet zodat de zender bevestiging krijgt dat de ontvanger de data goed ontvangen heeft?
Network	Is er een module die bepaald welke route de data moet volgen om van zender naar ontvanger te geraken.
Data link	Wordt de data opgedeeld in pakketten of frames? Hoe groot zijn deze frames? Startbit, stopbit, pariteitsbit, CRC controle,
Physical	Welke kabels worden er gebruikt, hoe ver kan er maximaal gezonden worden? Welke spanningen worden er gebruikt? Datasnelheid? Wordt er gemoduleerd? Welke connectoren? Return to zero/non return to zero/differentieel/... ..

Metingen op signaal:

Meet met de oscilloscoop en/ of de logic analyser de datacommunicatie op en zet de beelden hier. Ontcijfer eventueel de data. Voorzie de beelden van een beetje uitleg.

(verwijder al de oranje tekst - deze dient enkel als hulp)