Masurarea si afisarea temperaturii cu senzorul de temperatura pe placa

Nexys4 DDR

Profesor indrumator: Student: Pop Sergiu

Ratiu Vlad Ținteșan Cristiana

Grupa: 30237

Universitatea Tehnica din Cluj-Napoca

Facultatea de Automatică și Calculatoare

Disciplina: Structura Sistemelor de Calcul

2020-2021

CUPRINS

[1. INTRODUCERE 3](#_Toc61465356)

[2.1 Context 3](#_Toc61465357)

[2.2 Obiective 4](#_Toc61465358)

[2.3 Structura 4](#_Toc61465359)

[2.4 Tabel de acronime 4](#_Toc61465360)

[2. Studiu Bibliografic 4](#_Toc61465361)

[3. Fundamentare Teoretica 4](#_Toc61465362)

[4. Proiectare 7](#_Toc61465367)

[5. Implementare 8](#_Toc61465368)

[5.1 Echipament utilizat 8](#_Toc61465369)

[6. Manual de utilizare 11](#_Toc61465370)

[7. Rezultate experimentale 11](#_Toc61465371)

[8. Colcuzii 11](#_Toc61465372)

[8.1 Dezolvari Ulterioare 12](#_Toc61465373)

# INTRODUCERE

In cadrul acestui proiect s-a urmarit implementarea protocolului de comunicatie I2C(Inter-Integrated Circuit), intre senzorul de temperatura si placa Nexys4 DDR si afisarea temperaturii pe afisorul cu 7 segmente al placii .

## 2.1 Context

Sistemul prezentat presupune interconectarea mai multor circuite care sa indeplineasca scopul propus. Acesta colecteaza si proceseaza datele de la senzorul de temperatura ADT7420. Pentru realizare, este nevoie de cunoasterea unui protocol de interschimbare a informatiilor de la senzor la microcontroller. In prezent,exista numeroase astfel de standarde care descriu modalitatile de transmisie a datelor, dar in principiu le putem grupa in 2 mari categorii:paralele sau seriale.Cele 2 protocoale sunt SPI si I2C.

Documentatia urmareste interactiunea cu senzorul:citirea si scrierea in anumiti registri dar si convertirea datelor si afisarea temperaturii.

Pentru realizarea proiectului, fiecare operatie trebuie descrisa sintetic ilustrand circuitele utilizate, cu ajutorul interfetei I2C. Solutia propusa trebuie sa fie usor de folosit si testat, respectand modularizarea si generalizarea circuitelor implicate. Acest fapt incurajeaza extinderea ulterioara a resurselor existente pentru a fi superioara solutiilor existente.

## 2.2 Obiective

Obiectivul principal al proiectului este dat de implementarea interfetei de comunicatie I2C. Acestea urmeaza sa fie detaliate, atat din punct de vedere teoretic, cat si din punct de vedere al implementarii, in capitolele urmatoare.

## 2.3 Structura

In acest document vor fi evidentiate, in primul rand, fundamentele teoretice din spatele proiectului. In continuare se vor prezenta procesele legate de implementare si proiectare, urmand la final sa se exemplifice rezultatele experimentale. In ultima parte a documentului vor exista capitole legate de concluzii, in care vor fi cuprinse dezvoltarile ulterioare si resursele utilizate in scopul realizarii cu success a proiectului.

## 2.4 Tabel de acronime

|  |  |
| --- | --- |
| Abreviere | Definitie |
| I2C | Inter-Integrated Circuit |
| FPGA | Field Programmable Gate Array |
| SSD | Seven Segment Display |
| USB | Universal Serial Bus |

# Studiu Bibliografic

# Bibliography

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | A. Devices, "I2C Temperature Sensor ADT7420," 2013. |
| [2] | Digilent, "Nexys4 DDR Reference Manual," [Online]. Available: https://reference.digilentinc.com/reference/programmable-logic/nexys-4-ddr/reference-manual. [Accessed 2020]. |
| [3] | S. Larson, "I2C Master VHDL," 2020. [Online]. Available: https://www.digikey.com/eewiki/pages/viewpage.action?pageId=10125324. |

# FUNDAMENTARE TEORETICA

**I2C**

Protocolul I2C este un protocol care a fost creat pentru a permite mai multe circuite integrate “slave” se comunice cu unul sau mai multe cipuri “master”. In cazul comunicatiei I2C exista posibilitatea extinderii la un numar mai mare de componente master.

Fiecare bus I2C este compus din 2 semnale: SCL(semnalul de ceas) si SDA(semnalul de date). Semnalul de ceas este intotdeauna generat de bus master curent.

In cazul acestui protocol de comunicatie, apare notiunea de “clock stretching” care se refera la faptul ca, unele componente slave vor forta ceasul la nivelul low, pentru a sugera masterului sa introduca o intarziere in transmiterea de date.

I2C reprezinta o interfata de comunicatie seriala, sincrona. Interfetele seriale trimit informatia bit cu bit si pot opera doar pe un singur fir.

Diagram, schematic

Description automatically generated

Figure 1 Protocolul de comunicatie I2C

**Senzorul de temperatura ADT7420 si I2C**

Nexys4 DDR include un dispozitiv analog: senzorul de temperatura, prevazut cu doua porturi seriale pentru clock si data.

Cipul ADT7420 utilizeaza protocolul standard de comunicare I2c, folosind principiul master(dispozitivul fpga)– slave(ADT7420). Pentru a comunica cu cipul ADT7420, masterul trebuie sa specifice o adresa pentru slave si un flag care sa indice daca comunicarea se realizeaza pentru operatia de citire (1) sau pentru operatia de scriere(0), dupa care se executa transferul de date. Pentru a putea citi datele dorite din registru, masterul trebuie sa scrie adresa registrului dorit, apoi sa trimita o conditie de restart si sa specifice o noua cerere de citire pentru cipul ADT7420. Daca aceasta conditie nu este generata inainte de a avea loc citirea din registru, valoarea scrisa in registrul de adrese va deveni 0. [1]

### **Ghid de programare Nexys 4**

### Nexys4 DDR dispune de 4 moduri in care se poate programa : Jtag, Quad Spi Flash, Usb Flash Drive sau Micro SD Card. Jtag este folosit in principal pentru programare, debugging si comunicare prin intermediul unui port usb. Quad Spi Flash este o memorie non-volatila, pe care FPGA-ul o verifica la fiecare pornire. Daca Quad Spi este incarcat, atunci placuta FPGA se va programa singura cu continutul gasit in acea memorie. Aceasta metoda este folositoare pentru proiecte care sunt de tipul demo si nu necesita editari sau reprogramari ulterioare. USB flash sau Micro SD card, pentru aceasta metoda de programare trebuie sa ne asiguram ca dispozitivele sunt formatate cu formatul Fat32 iar programarea placii se poate realiza fara o suita software, precum Vivado. Trebuie doar sa ne asiguram ca jumperii J1 si J2 ai placii, sunt pozitionati corect pentru USB/SD. [2]

**Afisorul SSD**

### Placa Nexys 4 contine un afisor pe 7 segemente cu 8 cifre. Fiecare cifra este activate de un semnal de anod, toate semnalele intefetei SSD fiind active pe 0 logic. Semnalele de catod controleaza ledurile care se aprind de pe acele cifre care au semnalul de anod active.

### Pentru a afisa 8 cifre diferite pe SSD, este necesara implemnentarea unui circuit care trimite cifrele pe semnalele de catod ale SSD in concordanta cu diagrama de timp a SSD.

Diagram

Description automatically generated

Figure 2

# PROIECTARE

Cerinte functionale si non-functionale

* Proiectare utilizand limbajul VHDL
* Implementarea pe o placa de dezvoltare: Nexys 4 DDR

Arhitectura

Diagram

Description automatically generated

Figure 3 Arhitectura proiectului

Aplicatia realizata contine patru module:

* I2C\_Master;
* Temp\_controller;
* Displ7seg;
* Main

I2C\_Mater reprezinta componenta principala, deoarece aici se realizeaza protocolul de comunicatie I2C dintre placa si sensor. Realizarea acestui protocol are la baza un automat de stare prin care sunt indeplinite operatiile necesare.

Temp\_Controller este modulul in care se realizeaza controlarea senzorului de temperatura. De asemenea, acesta are la baza un automat de stare. Componenta I2C\_master este instantiata in modulul temp\_controller pentru a trimite datele citite catre “master”.

Displ7seg este modulul folosit pentru a putea afisa datele cerute pe Seven Segment Display-ul placii Nexys 4 DDR.

Main instantiaza componentele displ7seg si temp\_controller pentru a face legatura dintre datele citite de senzor si ssd, avand ca scop afisarea acestor date.

# IMPLEMENTARE

## 5.1 Echipament utilizat

* Placa de dezvoltare Nexys 4 DDR
* Cablu USB

A picture containing text, electronics, circuit

Description automatically generated

Figure 4 Placa de dezvoltare Nexys 4 DDR

Limbaj utilizat

S-a optat pentru o rezolvare la nivel hardware cu scopul unei intelegeri mai aprofundate a protocolului de comunicare I2C, renuntand la o posibila implementare folosind MicroBlaze. Proiectul a fost realizat in mediul de dezvoltare Xilinx Vivado, iar limbajul de descriere hardware utilizat a fost VHDL.

Schema bloc a proiectului

Diagram

Description automatically generated

Figure 5 Diagrama bloc a proiectului

Descrierea detaliata a modulelor

Componenta I2C Master este implementata cu ajutorul unui model de calcul pentru a simula logica secventiala numit FINITE STATE MACHINE( FSM).

Un automat finit este reprezentat printr-o multime finita de stari - printre care o stare initiala (automatul nu a primit nimic la intrare) si cel putin o stare finala (in care automatul a acceptat sirul de la intrare ca apartinand limbajului) – si o unitate de control care determina pe baza starii curente si a intrarii starea urmatoare a automatului. [3]

Starile identificate la modulul I2C\_Master se prezinta in diagrama de mai jos:

Diagram, schematic

Description automatically generated

Figure 6 Diagrama automat stare i2c\_master

I2C Master primeste la intrare un semnal de ceas, avand o frecventa data de un generic, un semnal de reset asincron, un semnal de enable pentru initializarea tranzactiei, adresa slave-ului pe 7 biti, semnalul de rw(‘1’ pentru citire ,’0’ pentru scriere), iar datele care se impart in date care trebuiesc scrise si date care vor fi citite, fiind stocate pe 8 biti. La iesire se produce un semnal busy ce indica tranzactia in proces, datele citite de la slave si afisate pe iesire. Ulterior se genereaza cele 2 linii ale magistralei I2C:SDA si SCL.

Modulul Temp\_Controller controleza senzorul de temperatura cu ajutorul unui automat de stare.

Acesta este descris in diagrama de mai jos:

Diagram

Description automatically generated

Figure 7 Diagrama automat stare temp\_controller

# MANUAL DE UTILIZARE

Placuta Nexys 4 DDR este utilizata pentru incarcarea fisierului .bit ce contine implementarea codului VHDL a intregului proiect. Pentru realizarea acestui lucru, placa trebuie conectata la calculator, cu ajutorul cablului USB.

Pentru controlul semnalului Start utilizam switch-ul 0 al placii.

Semnalel busy si error sunt conectate la ledurile 0, respective 16.

Datele citite de sensor vor fi afisate pe afisorul cu 7 segmente.

De asemenea, este activat butonul pentru reset.

# REZULTATE EXPERIMENTALE

Proiectul implementat trebuie testat pe o placa de dezvoltare Nexys 4 DDR. Verificarea faptului ca temperatura afisata este corecta se va realiza prin compararea valorii afisate pe afisorul cu sapte segmente cu o valoare citita de un termometru.

# CONCLUZII

Scopul principal al acestui proiect a fost intelegerea protocolului de comunicare I2C. In urma implementarii task-urilor, s-a ajuns la o cunoastere in amanunt a acestei interfete seriale sincrone. Scrierea in limbajul de descriere hardware, VHDL, a condus la ridicarea diferitor probleme care la prima vedere au parut clare. Asadar, proiectul a fost realizat cu succes, respectand toate cerintele impuse.

* 1. Dezolvari Ulterioare

Proiectul implementat prezinta anumite posibilitati de dezvoltare. Une dintre acestea o reprezinta extinderea aplicatiei astfel incat datele citite de senzorul de temperature, sa fie transmise catre un dispozitiv mobil sub forma de aplicatie sau doar ca notificari sms la cerere.