



Sommarstugekoll

EDA234 - Digital ponstruktion, projektkurs

Grupp 1

Christian Isaksson

Jan Pettersson

Christoffer Öjeling

Sammanfattning

Sommarstugekoll är en prototyp för avläsning av temperatur och reglering av element via SMS-kommunikation. Prototypen bygger på en FPGA, en extern temperatursensor och en mobiltelefon med serieinterface (RS232). Genom att skicka fördefinierade kommandon finns möjligheten att slå av/på element eller begära temperaturen. När ett sms tagits emot avkodas dess innehåll för att identifiera eventuella kommandon som getts till systemet och därefter utförs de. Prototypen avslutar med att skicka en status rapport till avsändaren av sms:et.

Innehåll

1	Systemspecifikation	1
2	Systembeskrivning	2
2.1	Blockschema	2
3	Beskrivning av delblocken	3
3.1	Styrenhet	3
3.2	Temperatur	4
3.2.1	DS18S20	4
3.2.2	Onewire	5
3.3	7 Segments display	11
3.3.1	segment_temperature	11
3.4	Kommunikation	11
3.5	Element	11
4	Hårdvara	13
4.1	Digilent Nexys3 - FPGA	13
4.2	DS18S20 - Temperatursensor	13
5	Resultat och diskussion	15
5.1	Resultat	15
5.2	Felanalys	15
5.3	Diskussion	15
A	Signallista	i
A.1	DS18S20	i
A.2	segment_temperature	i
A.3	Com	ii
A.4	Styrenhet	iii
A.5	Element	iv
B	Kretsschema	v
C	Syntesschema	vi
D	Komponentlista	vii
E	Pinlayout	viii
F	Programkod (VHDL)	ix
G	Arbetsredogörelse	x
G.1	Christian	x
G.2	Christoffer	x
G.3	Jan	x

1. Systemspecifikation

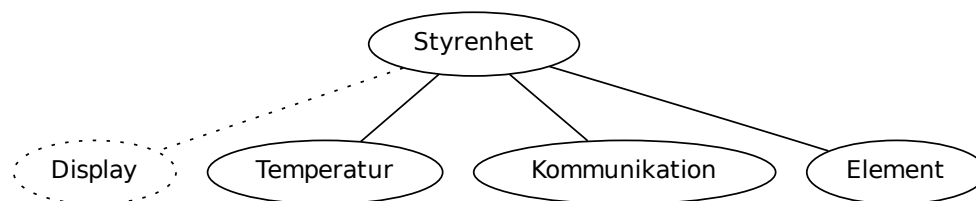
Sommarstugekoll är ett system för övervakning och uppvärmning utav sommarstugor. Systemet tillåter ägare att via sms få reda på inomhustemperatur och vilka element som är igång, samt möjligheten att slå av/på element i sommarstugan förutsatt att de är sammankopplade med detta system.

När systemet får ett sms analyseras innehållet i sms:et för att identifiera eventuella kommandon till systemet. De kommandon som skickats till systemet kommer att utföras ett i taget, vilket innebär att om sms:ets avsändare både vill veta inomhustemperaturen och slå av/på element kommer först temperaturen att hämtas och därefter regleras elementen. När alla kommandon utförts kommer huvudenheten att svara avsändaren med inomhustemperatur och alla elements nya status beroende på vilka kommandon avsändaren angett i sitt sms. Sen återgår systemet till vänteläget där det ligger och inväntar ett nytt sms.

I det fall då sms:et saknar giltiga kommandon raderas det och huvudenheten går direkt tillbaka till vänteläget.

Systemet består huvudsakligen utav tre delar, en huvudenhet, en extern temperatursensor och en mobiltelefon med serieinterface (*RS232*).

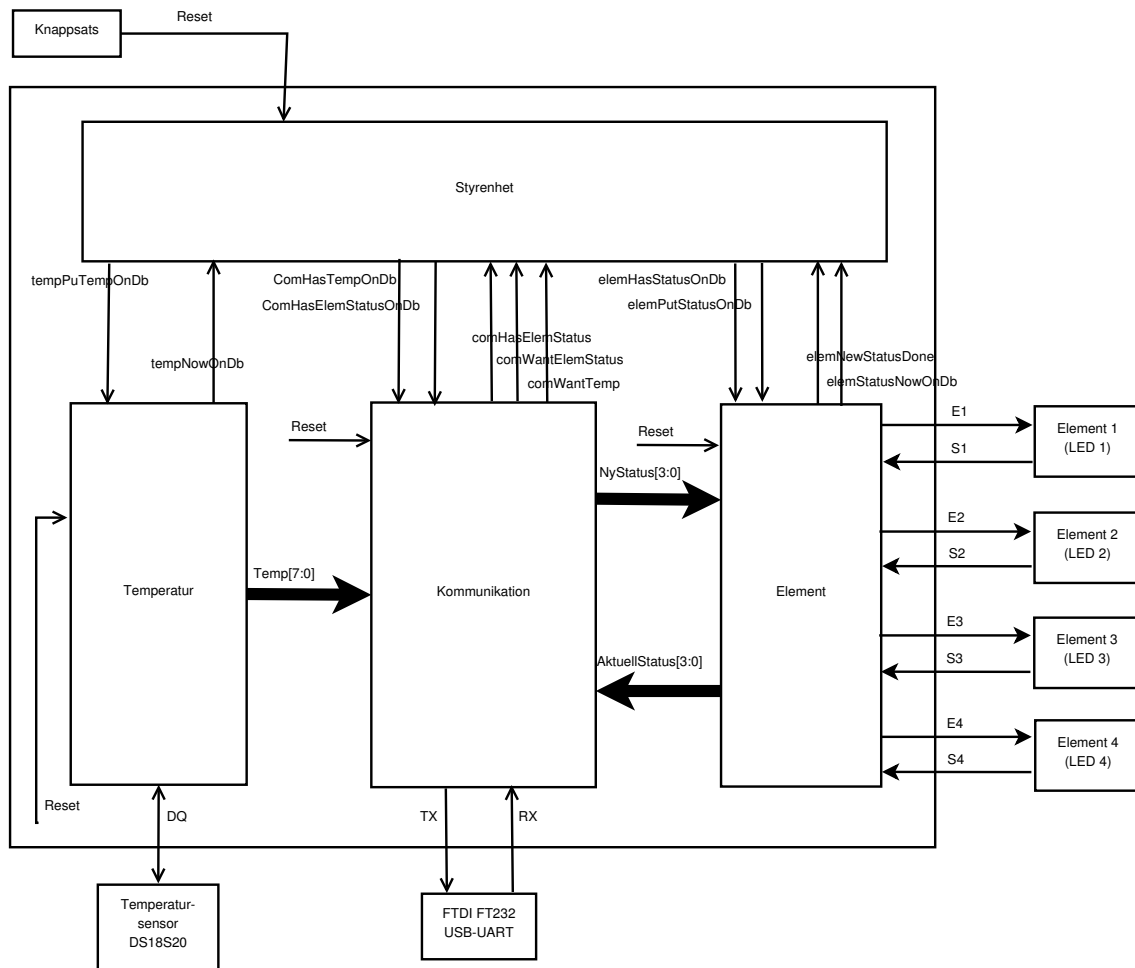
Huvudenheten är uppbyggd utav en *Field-Programmable Gate Array* (FPGA) innehållande all logik.



Figur 1: Övergripande struktur för projektet

2. Systembeskrivning

2.1. Blockschema



Figur 2: Övergripande blockschema för huvudenheten.

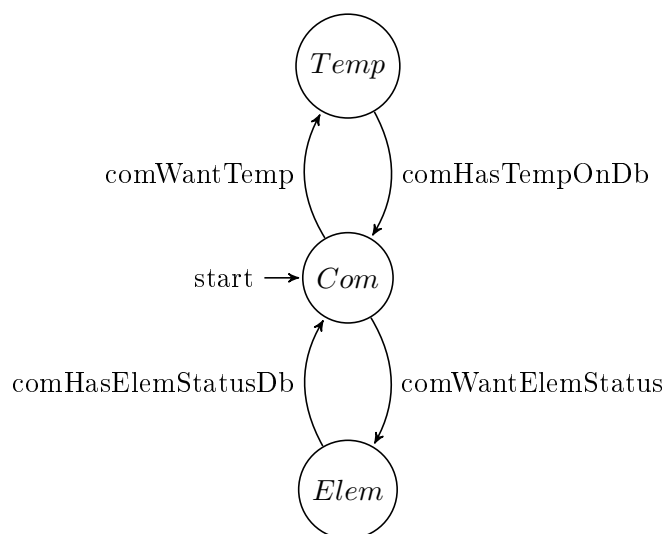
3. Beskrivning av delblocken

3.1. Styrenhet

Styrenheten tar emot insignaler från tre de delblocken: *Element*, *Kommunikation* och *Temperatur*.

Utifrån mottagna insignaler bestämmer styrenheten med hjälp av sina styrsignaler vilket delblock som ska läsa respektive skriva till databussen och om ett delblock förväntas skriva till databussen anger även styrsignalerna vad som ska skrivas.

Styrenheten bygger på en tillståndsmaskin med tre tillstånd: **Com**, **Temp** och **Elem**, där vardera av de tre tillstånd är kopplade till ett, och endast ett, utav de tre delblocken.



Figur 3: Händelseförlopp för styrenheten.

Namnen på bågarna mellan olika tillstånd anger signaler som ettställs vid tillståndsförändringen.

I **Com** ligger styrenheten och väntar på kommandon från delblocket *Kommunikation*. Om en begäran att få veta inomhustemperaturen fås, kommer styrenheten att byta tillstånd till **Temp** och med hjälp av en styrsignal meddela delblocket *Temperatur* om att temperaturen ska inhämtas och skrivas till databussen.

I det fall en begäran fås om att ändra elementens status, dvs. slå av/på ett eller flera element, skriver delblocket *Kommunikation* den nya elementstatusen till databussen och sedan meddelas styrenheten om att ny status finns att läsa på databussen. Därefter ändras tillstånd till **Elem**.

Om enbart information om elements aktuella status begärs, sätts styrenhetens styrsignaler till att meddela *Element* att enbart aktuella element status behöver skrivas till databussen samtidigt som en tillståndsövergång till **Elem** sker.

I **Temp** väntar styrenheten på kvittens från *Temperatur* om att temperaturen skrivits till databussen och går att läsa.

När kvittens fåtts återgår styrenheten till tillståndet **Com**, samtidigt som en styrsignal meddelar delblocket *Kommunikation* att temperaturen nu finns att hämta på databussen.

I **Elem** väntar styrenheten på kvittens från delblocket *Element* om att elementen har reglerats och/eller att aktuell elementstatus finns på databussen.

När kvittens fåtts återgår styrenheten till tillståndet **Com**, samtidigt som styrsignaler meddelar delblocket *Kommunikation* att elementen reglerats och/eller aktuell elementstatus finns att hämta på databussen.

3.2. Temperatur

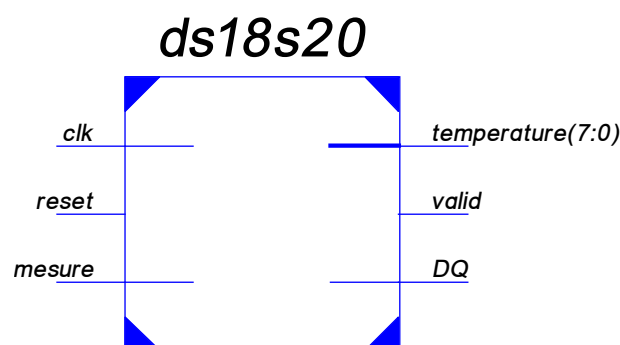
Logiken för avläsning av temperatur är uppdelad i ett antal delblock. Dels för att vara lättöverskådligt, men även så att man lätt ska kunna lägga till funktionalitet i efterhand. Slut användaren använder endast DS18S20 direkt. Onewire modulen är inte bunden till just DS12S20, utan kan även användas till andra enheter som använder sig utav 1-wire protokollet.

All logik använder sig utav VHDL-standardbiblioteket `numeric_std` för hantering av tal med och utan tecken.

3.2.1. DS18S20

Interface DS18S20 exponerar ett interface för mätning och avläsning av nuvarande temperatur. Mätningen initieras genom att `measure` sätts till '1'. När temperaturmätningen är klar kommer `valid` sättas till '1'. Då finns temperaturen att avläsa på `temperature` som ett binärt 8 bitars tal på tvåkomplementsform där där bit 7–1 är heltalsdelen och bit 0 decimaldelen. `valid` fortsätter att vara '1' tills en ny mätning initieras genom att `measure` återigen sätts till '1'.

En temperaturmätning tar upp till 750ms.



Figur 4: Delblocket DS18S20

Implementation Själva logiken i sig består av en cirkulär tillståndsmaskin (Figure 5). Tillståndsmaskinen växlar mellan att ge olika kommandon till onewire-blocket, och sedan vänta på att kommandot ska utföras. En mer utförlig beskrivning när data avläses och hur det samplas finns under 3.2.2 Onewire. DS18S20 har stöd för flera sensorer på samma buss. De delar då DQ och varje sensor har unikt serienummer för identifiering. I denna konstruktion används endast en sensor och logik för identifiering av flera sensorer utelämnas.

VHDL koden är uppbyggd efter tvåprocessmodellen, med en klockad och en kombinatorisk process.

Master	Data	Kommentar
T _x	Reset	Reset puls.
R _x	Presence	Sensorn svarar med en presence puls.
T _x	0x44	Skip ROM command. Eftersom det bara finns en sensor på bussen skippas identifiering.
T _x	0x44	Convert T command. Sensorn mäter och sparar nuvarande temperatur till sitt interna minne.
R _x		Sensorn pollas kontinuerligt tills den svarar '1', vilket indikerar att mätningen är klar.
T _x	Reset	Reset puls.
R _x	Presence	Sensorn svarar med en presence puls.
T _x	0x44	Skip ROM command. Eftersom det bara finns en sensor på bussen skippas identifiering.
T _x	0xBE	Read scratchpad command. Läser sensorns interna minne.
R _x	<1 byte>	Läser första byten vilket är temperaturen.

Tabell 1: Kontrollsekvens för mätning och avläsning av temperatur

3.2.2. Onewire

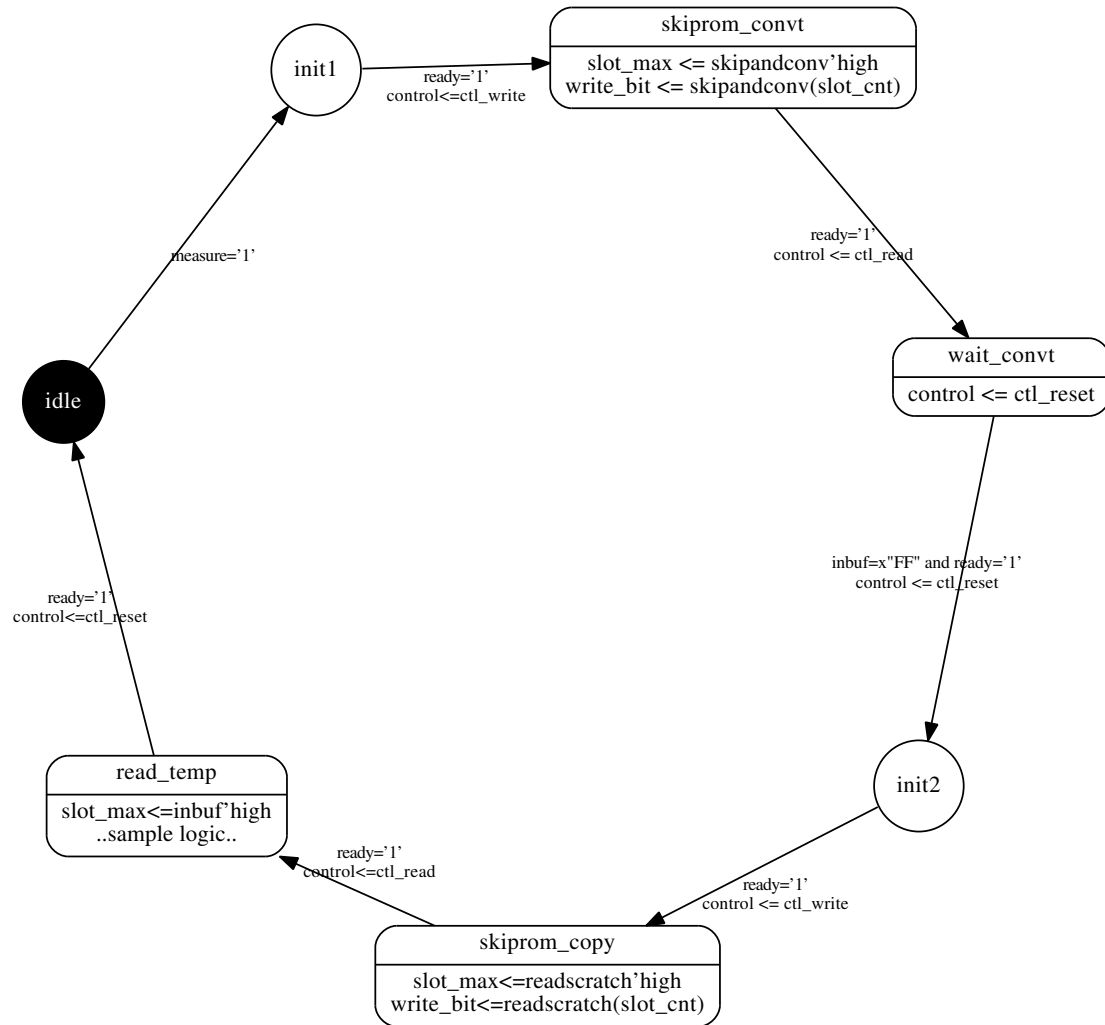
Interface Delblocket onewire sköter lågnivå kommunikationen med temperatursensorn, och exponerar ett högre nivå interface med fyra kontroll-kommandon och en ready signal. För att initiera en operation sätts `control` signalen till ett av följande värden när `ready='1'`:

ctl_idle Gör ingenting. `ready` kommer konstant vara '1'.

ctl_read Läs `slot_max` antal bitar från sensorn. `slot_cnt` är en räknare som indikerar vilken bit som läses just nu. När `sample_now='1'` Förväntas användaren spara biten som under den klockcykeln finns på `read_bit`. När alla bitar är lästa kommer `ready` sättas till '1'.

Exempel:

```
if rising_edge(clk) then
```

Figur 5: Tillståndsmaskin för delblocket DS18S20

```

if sample_now = '1' then
    in_buffer(slot_cnt) <= read_bit;
end if;
end if;

```

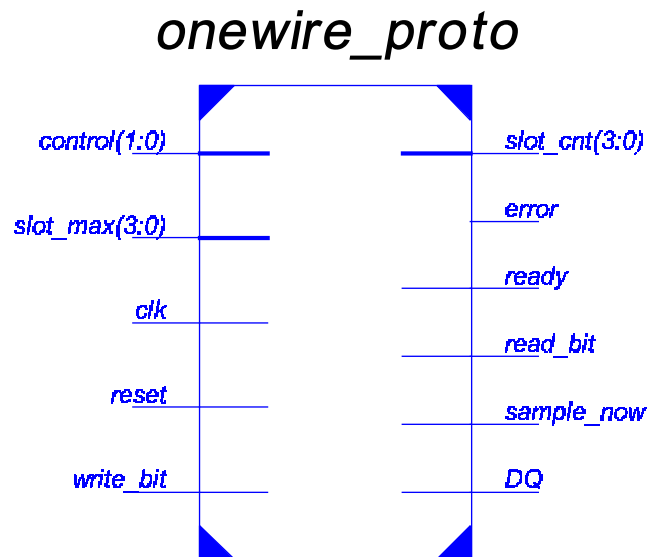
ctl_write Skriv `slot_max` antal bitar till sensorn. `slot_cnt` är en räknare som indikerar vilken bit som skrivs just nu. Användaren förväntas lägga biten som ska skrivas till sensorn på `write_bit`. När alla bitar är skrivna kommer `ready` sättas till '1'.

Exempel:

```
write_bit <= out_buffer(slot_cnt);
```

ctl_reset Återställer sensorns tillståndsmaskin. När reset-sekvensen är klar kommer **ready** sättas till '1'.

Under en pågående operation kommer **ready** vara '0'. Observera att efter "power on" eller "master reset" kommer onewire utföra reset-sekvensen för sensorn, och användaren måste vänta på **ready**='1' innan ett kontrollkommando kan ges. Det finns även en **error** signal som kommer gå hög under en klockcykel om inte temperatursensorn svarar under resetsekvensen.

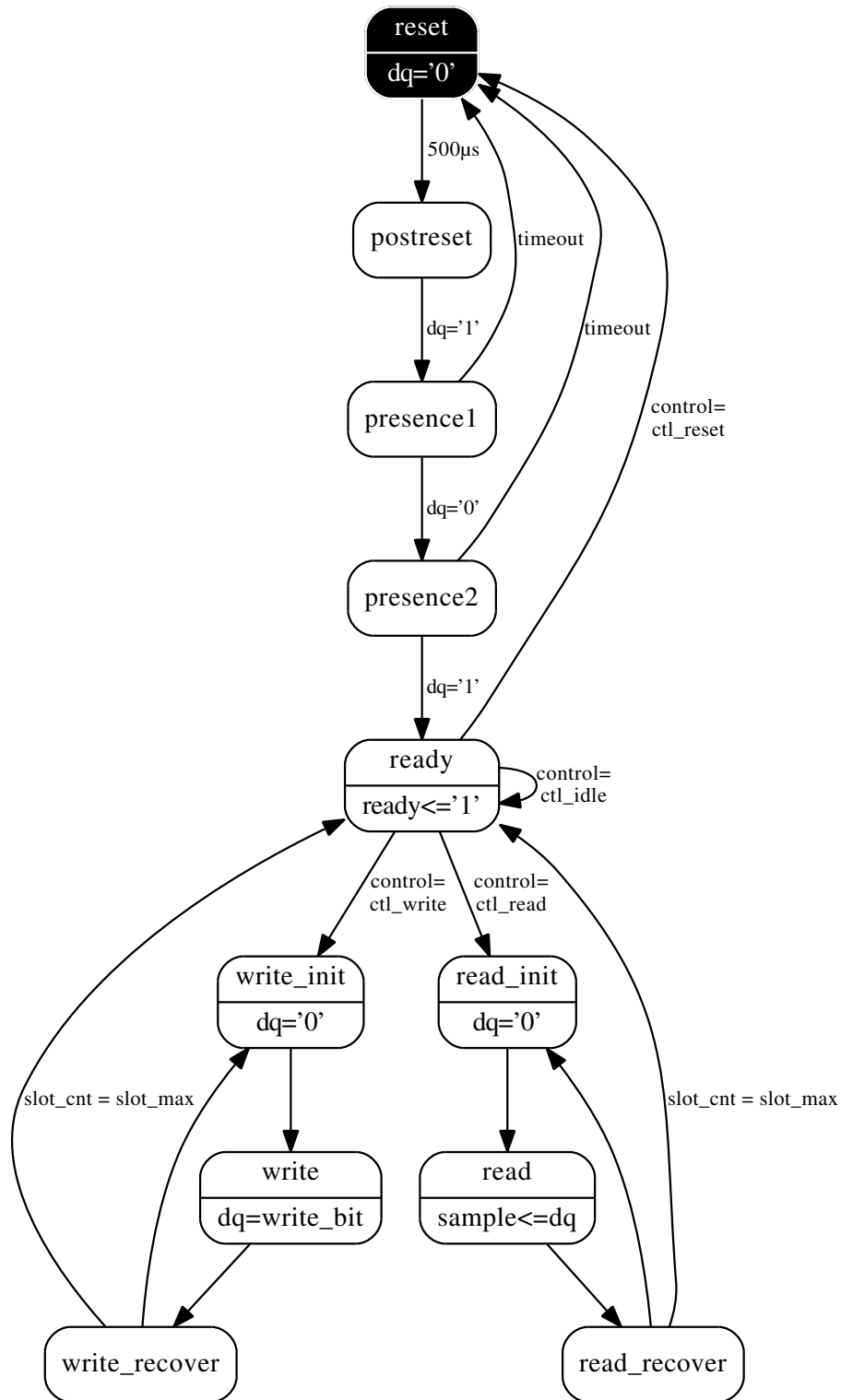


Figur 6: Delblocket onewire

Implementation Onewire delblocket implementerar Dallas 1-wire protokoll. För 1-wire används enbart en pin (DQ) för kommunikation. Ingen gemensam klocka finns. 1-wire bygger på master-slave principen, med sensorn som slave och kontrollen som master. Till DQ är en 5KΩpullup resistor kopplad. Kommunikation sker via *write slots* och *read slots*. Mastern initierar all kommunikation. 1-wire är *open drain*, vilket innebär att pullup resistorn driver DQ hög när det inte är någon aktivitet på bussen. All data skrivs och avläses med den minst signifikanta biten först (LSB).

1-wire har stöd för sk. "parasite power", där DQ driver temperatursensorn. Onewire delblocket använder sig dock inte utav denna funktion, utan sensorn drivs genom V_{dd} .

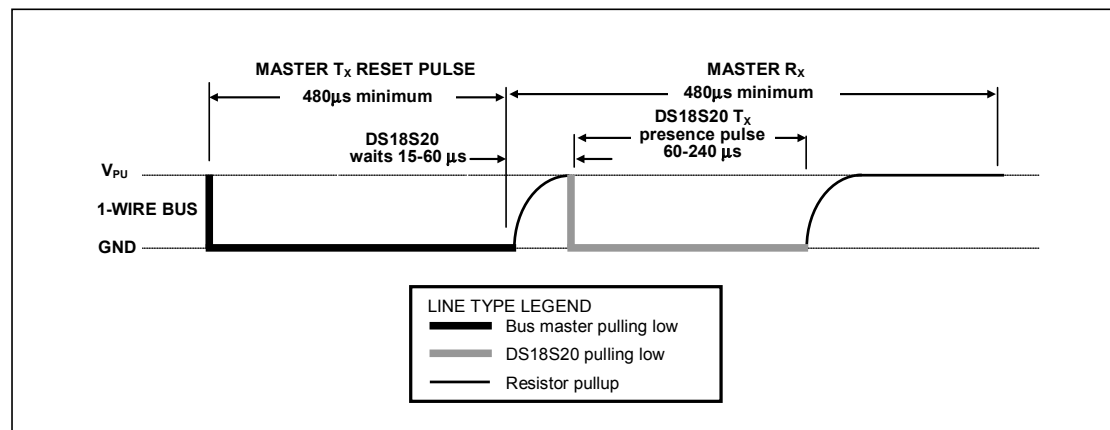
Kontrollen är uppbyggd av en tillståndsmaskin, se Figure 7. VHDL koden är uppbyggd efter tvåprocessmodellen, med en klockad och en kombinatorisk process.



Figur 7: Tillståndsmaskin för delblocket onewire

Reset Resetfasen korresponderar till *reset* → *postreset* → *presence1* → *presence2* → *ready* i onewires tillståndsmaskin (Figure 7).

Vid FPGAs *power on*, eller när den globala, asynkrona **reset** signalen går från hög till låg kommer tillståndsmaskinen börja i **reset**. Initieringssekvensen för temperatursensorn DS18S20 kommer då inledas. Se Figure 8. Om temperatursensorn svarar med en korrekt *presence pulse* inom accepterade tidsintervall kommer onewire att försättas i tillstånd **ready** och invänta vidare kommandon. Vid felaktigt eller uteblivet svar kommer **error** vara '1' under en klockcykel. Tillståndsmaskinen kommer sedan återgå till **reset** och börja om initieringssekvensen.



Figur 8: Timings för 1-wire resetsekvens

Skrivning med write slots Skrivfasen korresponderar till *ready* → *write_init* → *write* → *write_recover* i onewires tillståndsmaskin (Figure 7).

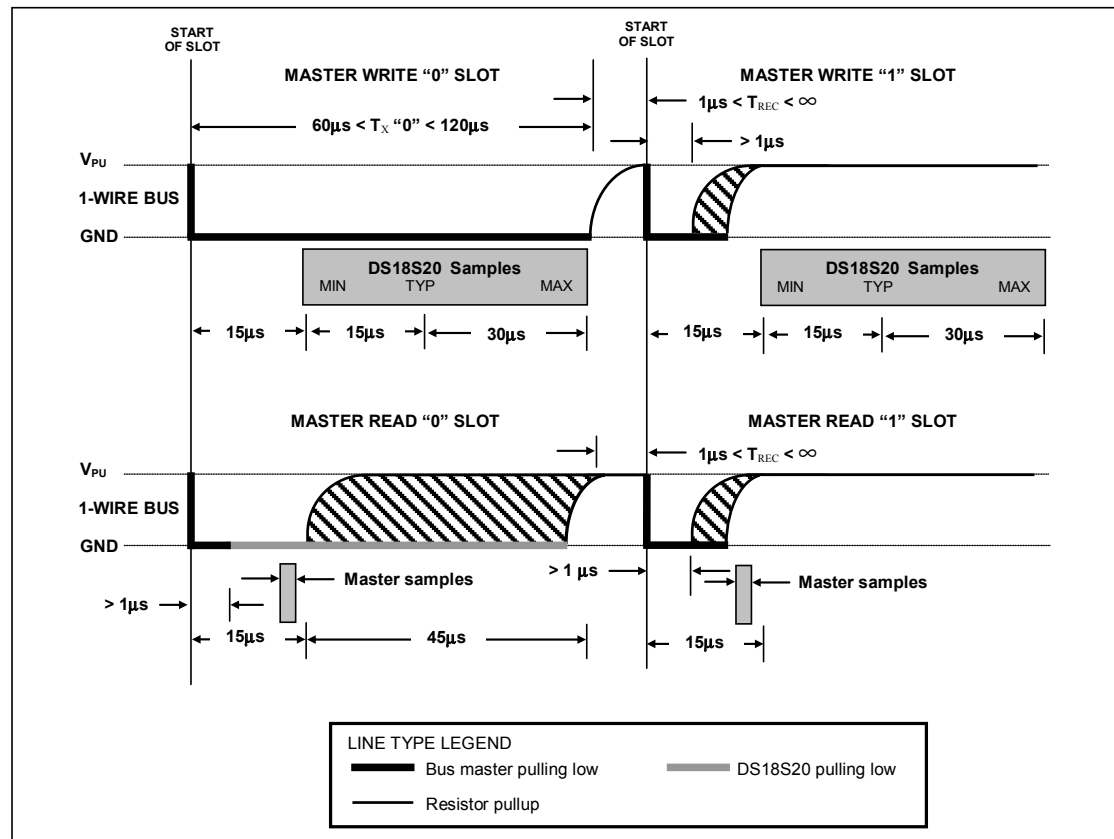
För att påbörja en skrivning sätts **control** till **ctl_write** när **ready**='1'. **slot_max** bitar kommer då skrivas till sensorn. 1-wire protokollet använder *write slots* för att skriva bitar till sensorn. Flera bitar skrivs genom flera efterföljande write slots.

En write slot börjar med att buss-mastern driver DQ låg 1–15µs. Sensorn kommer sampla värdet på bussen 15–60µs efter att DQ gick från hög till låg. Efter varje write slot behövs >1µs återhämtningstid.

För att skriva '0' driver kontrollen DQ låg i $60\mu s < T_x < 120\mu s$. För att skriva '1' släpper kontrollen DQ maximalt 15µs efter att write slot påbörjades. Se Figure 9.

Läsning med read slots Läsfasen korresponderar till *ready* → *read_init* → *read* → *read_recover* i onewires tillståndsmaskin (Figure 7).

För att påbörja en läsning sätts **control** till **ctl_read** när **ready**='1'. **slot_max** bitar kommer då läsas från sensorn. 1-wire protokollet använder *read slots* för att skriva bitar till sensorn. Flera bitar skrivs genom flera efterföljande read slots. En read slot initieras alltid av mastern genom att driva DQ låg i $1\mu s < T_x < 15\mu s$. Sensorn kommer efter att DQ gått från '1' → '0' lägga ut '1' eller '0' på DQ. Data är giltig upp till 15µs efter det att master initierar read slot. Se Figure 9.



Figur 9: Write och read slots timings för '0' respektive '1'.

3.3. 7 Segments display

Delblocket ansvarar för att visa ett 8 bitars binärt tal på tvåkomplementsform där bit 7–1 är heltalsdelen och bit 0 decimaldelen på en 7 segments display med basen 10.

Det finns stöd för att visa tal mellan -99 – 999, med en decimalsiffra som antingen är .0 eller .5. Det är tillräckligt för temperatursensorn som är specificerad mellan $-75 - -125 \pm 5$.

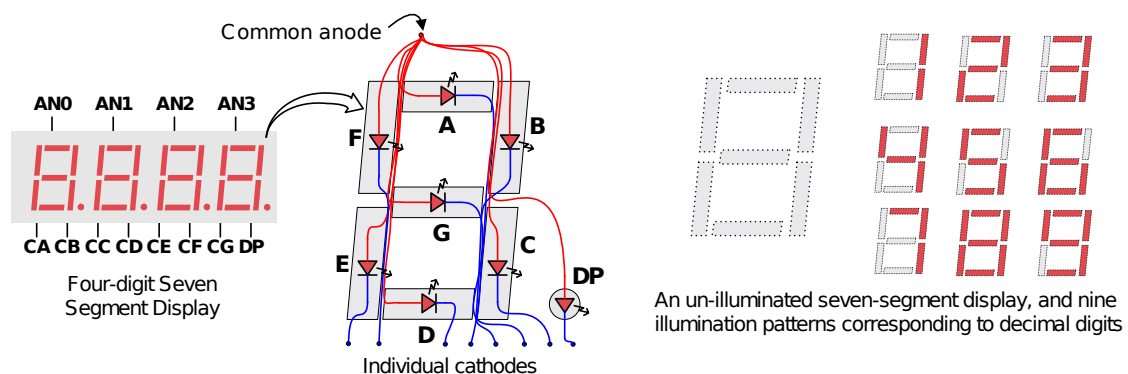
3.3.1. segment_temperature

Interface Komponenten tar ett binärt tal som input och ger utsignalerna till 7 segments displayerna.

<bild>

Implementation De fyra fysiska 7 segmentsdisplayerna har en gemensam databuss. Varje display har även en enable signal. Komponenten växlar mellan att visa de olika displayerna med 1kHz, vilket för ögat upplevs som att alla lyser konstant.

bcd Funktion som gör om ett binärt tal utan tecken till bcd-form. “Double Dabble” algoritmen används internt i form utav ett kombinatoriskt nät.



Figur 10: 7-segments display

3.4. Kommunikation

3.5. Element

Detta block hanterar allt som har med elementen att göra.

Blocket sparar även sitt tillstånd, vilket innebär att det själv är medvetet om vilka element som är av- och påslagna.

Först kontrolleras insignalerna för att avgöra om ett eller flera element ska regleras och/eller om elementens aktuella status ska skrivas till databussen.

Om elementen ska regleras hämtas ny status från databussen och sedan slås elementen av/på beroende på vad som står i datan som hämtats från databussen.

Önskas aktuell elementstatus, eller ny elementstatus i det fall att elementen har reglerats, skrivs den till databussen.

Efter att elementen har reglerats och/eller aktuell elementstatus skrivits till databussen sätts ut signaler för att tala om exakt vad som gjorts.

4. Hårdvara

Systemet är uppbyggt utav huvudsakligen tre komponenter: ett Digilent Nexys3 utvecklingskort, en temperatursensor från Maxim och en mobiltelefon med serieinterface (*RS232*).

4.1. Digilent Nexys3 - FPGA

Nexys3 är ett utvecklingskort från Digilent som bygger på en Spartan-6 FPGA från Xilinx. **Nexys3 har bland annat:**

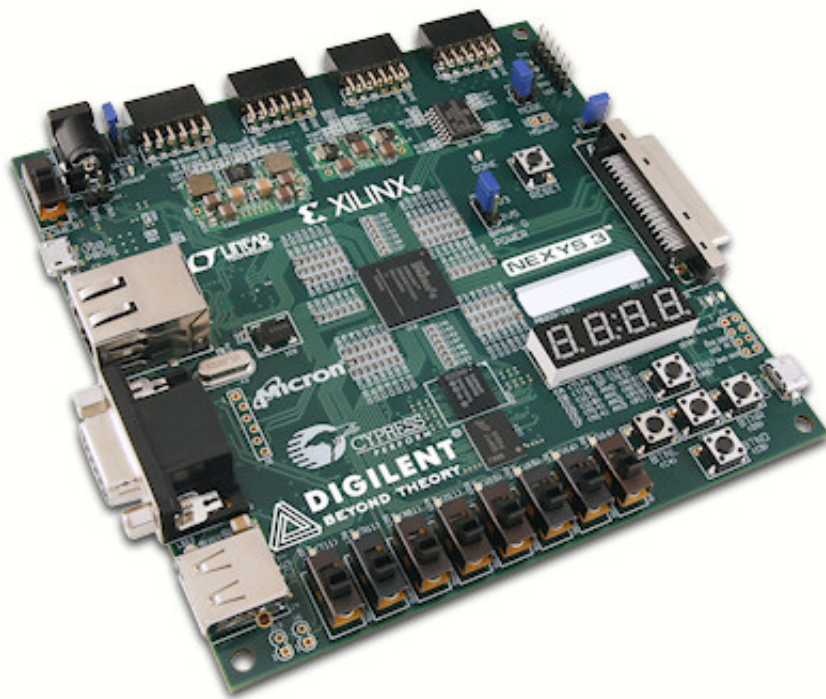
- Xilinx Spartan-6 XC6SLX16 CSG324C.
- Klockfrekvens på 100MHz.
- 48MB externt minne, varav 32MB är ickeflyktigt.
- Mikro USB-port för programmering av FPGA och strömförsörjning.
- USB-UART, genom en mikro USB-port kopplad vid en FTDI FT232 krets.
- USB Host-kontroller för anslutning utav externa USB-enheter, ex. mus, tangentbort, osv.
- 10-100 Mbit ethernet-anslutning.
- 4st sju-segment displayer.
- 8st binära DIP switchar.
- 8st ytmonterade lysdioder
- 4st kontaktstycken för externa I/O-enheter (dubbelbredda Pmod anslutningar).

4.2. DS18S20 - Temperatursensor

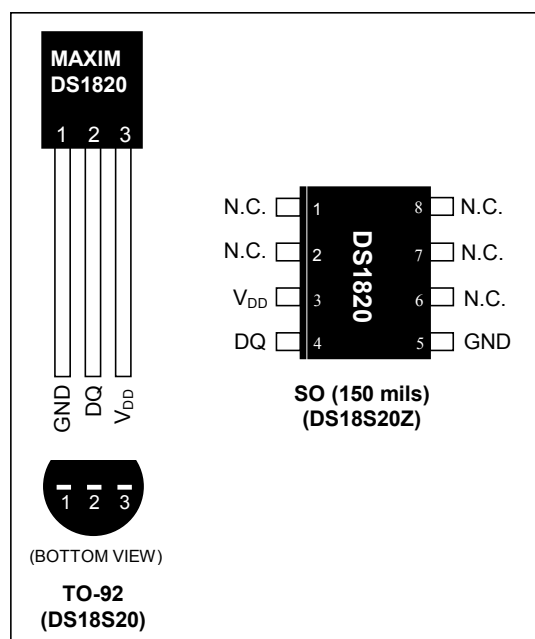
DS18S20 är en temperatursensor tillverkad av Dallas Semiconductor (numera Maxim) som enbart använder sig utav 1 pin för kommunikation.

Sensorn har:

- Temperaturmätning från -75°C till 125°C med ± 5 precision.
- Alarmfunktion med icke-flyktigt minne.
- Max 750ms för temperaturmätning
- Flera sensorer kan dela på en buss.
- Ett unikt för varje enhet 64 bitars serienummer.
- Endast två pinnar behövs om "parasite power" används. Då laddar sensorn upp en kondensator när DQ drivs aktivt hög.



Figur 11: Digilent Nexys 3



Figur 12: Dallas DS18S20

5. Resultat och diskussion

5.1. Resultat

5.2. Felanalys

5.3. Diskussion

A. Signallista

A.1. DS18S20

Namn	Typ	Kommentar
clk	in std_ulogic	Global klocka, 100MHz
reset	in std_ulogic	Global asynkron reset
measure	in std_ulogic	Påbörja temperaturavläsning
valid	buffer std_ulogic	Temperaturavläsning klar. Giltig så länge <code>valid = '1'</code>
DQ	inout std_logic	Pinne till sensor
temperature	buffer signed(7 downto 0)	Temperatur i tvåkomplements binärform

A.2. segment_temperature

Namn	Typ	Kommentar
clk	in std_ulogic	Global klocka, 100MHz
reset	in std_ulogic	Global asynkron reset
rawd	in signed(7 downto 0)	Temperatur i tvåkomplements binärform
valid	out std_ulogic	Temperaturavläsning klar. Giltig så länge <code>valid = '1'</code>
an	buffer std_ulogic_vector(3 downto 0)	7 Segment-enable
segment	buffer std_ulogic_vector(7 downto 0)	Utsignal till 7 segmentsbussen

A.3. Com

Namn	Typ	Kommentar
clk	in std_ulogic	Global klocka, 100MHz
rst	in std_ulogic	Global asynkron reset
tempInAvail	in std_logic	Temperatur finns tillgänglig på bus
elementInAva	in std_logic	Elementdata finns tillgänglig på bus
requestTemp	out std_logic	Ber styrenheten om tempdata till bus
requestEleme	out std_logic	Ber styrenheten om elementdata till bus
elementOutA	out std_logic	Meddelar styrenheten, elementdata på bus
tempIn	in std_logic_vector(7 downTo 0)	Databus från temperaturmodul
elementIn	in std_logic_vector(1 downTo 0)	Databus från elementmodul
elementOut	out std_logic_vector(7 downTo 0)	Databus till elementmodul
tx	out std_logic	Seriell port ut till GSM enhet ut från AT-modul
rx	in std_logic	Seriell port in till AT-modul från GSM-modul

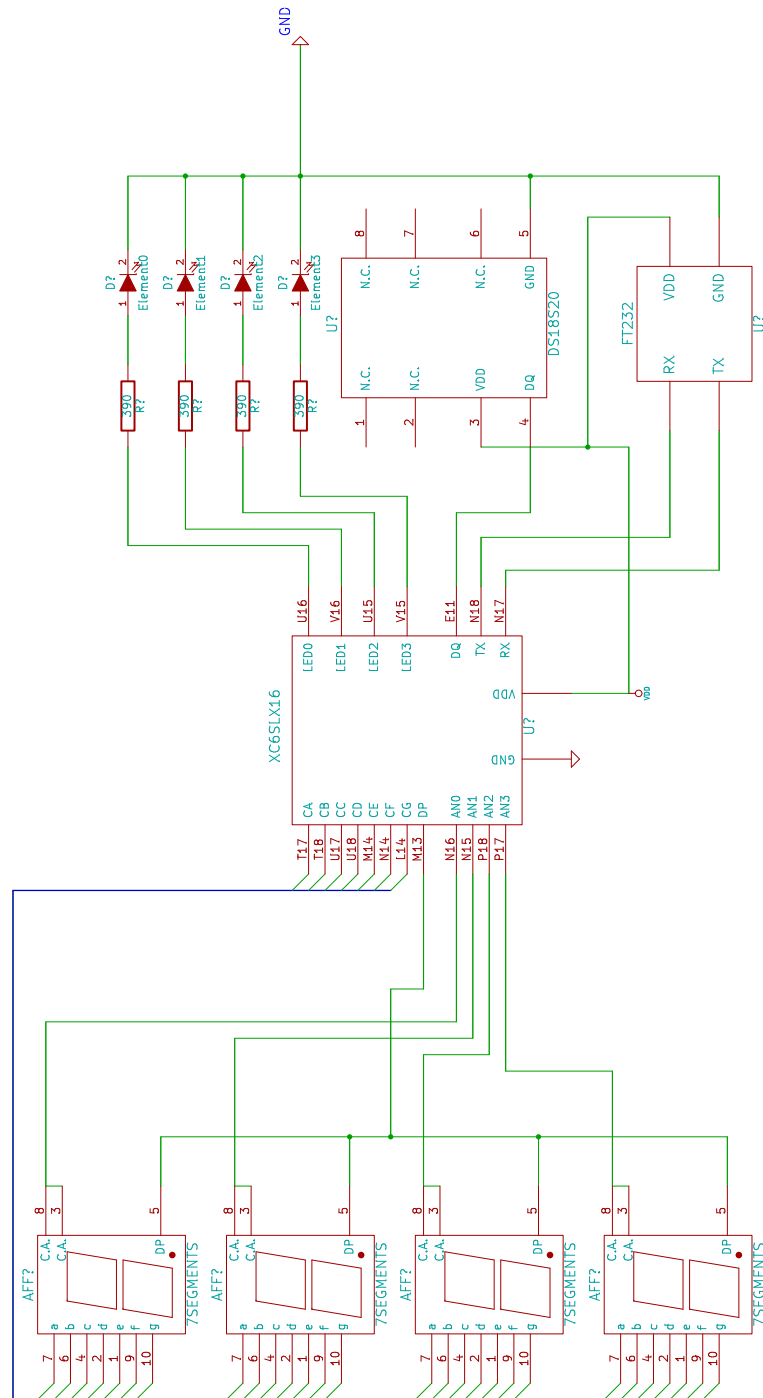
A.4. Styrenhet

Namn	Typ	Kommentar
clk	in std_logic	Global klocka, 100MHz
reset	in std_logic	Global asynkron reset
tempPutTempOnDb	out std_logic	Tala om för Temperatur-blocket att lägga ut temperaturen på databussen
tempNowOnDb	in std_logic	Temperaturen finns tillgänglig på databussen
comHasTempOnDb	out std_logic	Talar om för Kommunikations-blocket att temperaturen finns på databussen
comHasElemStatusOnDb	out std_logic	Talar om för Kommunikations-blocket att aktuell elementstatus finns på databussen
comHasElemStatus	in std_logic	Meddelar styrenheten att Element-blocket har ny elementstatus på bussen
comWantElemStatus	in std_logic	Talar om för styrenheten att aktuell elementstatus önskas på databussen
comWantTemp	in std_logic	Talar om för styrenheten att temperaturen önskas på databussen
elemHasStatusOnDb	out std_logic	Talar om att ny elementstatus finns på databussen
elemPutStatusOnDb	out std_logic	Talar om att aktuell elementstatus ska skrivas till databussen
elemNewStatusDone	in std_logic	Talar om att elementstatus har uppdaterats till det som fanns på databussen
elemNewStatusOnDb	in std_logic	Talar om att aktuell elementstatus finns tillgänglig på databussen

A.5. Element

Namn	Typ	Kommentar
clk	in std_logic	Global klocka, 100MHz
reset	in std_logic	Global asynkron reset
setNewStatus	in std_logic	Reglera elementen enligt ny elementstatus från databussen
returnStatus	in std_logic	Skriv aktuell elementstatus till databussen
statusOnDb	out std_logic	Talar om att aktuell elementstatus skrivits till databussen
updatedStatus	out std_logic	Talar om att elementstatus nu ändrat till det som fanns på databussen
input	in std_logic_vector(3:0)	Databuss för inkommand elementstatus
output	out std_logic_vector(3:0)	Databuss för utgående aktuell elementstatus

B. Kretsschema



Figur 13: Förenklat kretsschema, över de komponenter som används, baserat på Digilents kretsschema för Nexys3.

C. Syntesschema

D. Komponentlista

Namn	Beteckning
Utvecklingskort	Digilent Nexys3
Temperatursensor	Maxim DS18S20
Motstånd	4.7 k Ω

E. Pinlayout

Pin	Beskrivning	Från	Till
T17	Katod för segment A	FPGA	7-segmentsdisplayen
T18	Katod för segment B	FPGA	7-segmentsdisplayen
U17	Katod för segment C	FPGA	7-segmentsdisplayen
U18	Katod för segment D	FPGA	7-segmentsdisplayen
M14	Katod för segment E	FPGA	7-segmentsdisplayen
N14	Katod för segment F	FPGA	7-segmentsdisplayen
L14	Katod för segment G	FPGA	7-segmentsdisplayen
M13	Katod för segment DP	FPGA	7-segmentsdisplayen
N16	Gemensam anod för 7-seg AN0	FPGA	7-segmentsdisplayen
N15	Gemensam anod för 7-seg AN1	FPGA	7-segmentsdisplayen
P18	Gemensam anod för 7-seg AN2	FPGA	7-segmentsdisplayen
P17	Gemensam anod för 7-seg AN3	FPGA	7-segmentsdisplayen
U16	Aktivera lysdiod LD0	FPGA	LED0
V16	Aktivera lysdiod LD1	FPGA	LED1
U15	Aktivera lysdiod LD2	FPGA	LED2
V15	Aktivera lysdiod LD3	FPGA	LED3
N18	Tx	FPGA	USB-UART FTDI FT232
N17	Rx	FPGA	USB-UART FTDI FT232

F. Programkod (VHDL)

G. Arbetsredogörelse

G.1. Christian

- Jag har gjort blockschemat, tagit fram hur databussarna ska se ut (bredden på dem), hur många som behövs och var de ska vara någonstans.
- Skrivit koden för:
 - Styrenheten.
 - Hantering utav elementen.
 - Översta lagret av delblocket Kommunikation.
- Jag lödde fast den ytmonterade temperatursensorn, som sen visade sig vara fel krets.
- Jag har satt ihop själva grundstrukturen för denna rapport och skrivit flertalet av kapitlen.
- Varit med och löst problemet med UART-mottagaren, beträffande när inkommande data ska börja att samplas för att kunna avgöra huruvida en bit är 1 eller 0 och hur länge datan ska samplas för att göra avgörandet.
- Tagit fram strukturen för hur AT-kommandona ska hanteras. Hur gsm-modulen förmedlar att ett nytt sms inkommit och hur innehållet i sms:et sedan hämtas ut ur gsm-modulens minne.
- Jag har skapat pinlayouten samt ritat kretsschemat, med hjälp av ett CAD program. Både pinlayouten och kretsschemat finns i appendix. Har även skapat signallistan för styrenheten och elementen.

G.2. Christoffer

G.3. Jan