

Sommarstugekoll  
Digital Konstruktion EDA234  
Grupp 2

Fredrik Brosser, Karl Buchka, Andreas Henriksson, Johan Wolgers  
Chalmers Tekniska Högskola

frebro @ student.chalmers.se  
karlbu @ student.chalmers.se  
henriksa @ student.chalmers.se  
wolgers @ student.chalmers.se

4 december 2011

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Introduktion</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Systemspecifikation</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Systembeskrivning</b>	<b>6</b>
3.1	Uppdelning . . . . .	6
3.2	Översikt . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Blockschema</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Block, Funktionalitet</b>	<b>7</b>
5.1	Dataväg . . . . .	7
5.2	Styrenhet . . . . .	7
5.3	Funktionsmoduler . . . . .	7
5.3.1	DTMF-Modul och MT8880 . . . . .	7
5.3.2	Ljudmodul och ISD2560P . . . . .	7
5.3.3	Temperaturmodul och DS18S20 . . . . .	7
5.3.4	Kontrollfunktioner . . . . .	10
5.3.5	Gränssnitt och Knappar . . . . .	10
<b>6</b>	<b>Tillståndsmaskiner</b>	<b>10</b>
6.0.6	Styrenhet . . . . .	10
6.0.7	Temperaturmodul . . . . .	10
6.0.8	DTMF-Modul . . . . .	11
6.0.9	Ljudmodul . . . . .	11
<b>7</b>	<b>Tidsdiagram</b>	<b>11</b>
<b>8</b>	<b>Felanalys</b>	<b>11</b>
<b>9</b>	<b>Appendix</b>	<b>12</b>
9.1	Komponentlista . . . . .	12
9.2	Kretsschema . . . . .	13
9.3	Pin-Layout . . . . .	13
9.4	Signallista . . . . .	13
9.5	Programlistningar . . . . .	14
9.6	Arbetsfördelning . . . . .	14

## Sammanfattning

Systemet som beskrivs i denna rapport är ett automatiserat temperaturkontrollsystem som är åtkomstbart och styrbart via telefon (DTMF). Systemets huvudfunktionalitet är att informera användaren om de aktuella temperaturerna som läses från två anslutna temperatursensorer, och att ge användaren möjlighet att på avstånd styra (av/på) ett antal externa funktioner, såsom exempelvis värmeelement. Information och kontrolldata utbytes genom en vanlig analog telefonlinje, med hjälp av DTMF: Dual Tone Multiple Frequency.

Ett särskilt exempel på användningsområde är kontroll av uppvärmningen i en sommarstuga. Med hjälp av systemet kan man undvika att temperaturen sjunker under en viss gräns, vilket skulle kunna få konsekvenser såsom att rör fryser. Genom att hålla temperaturen på en lämplig nivå kan man undvika oönskade konsekvenser samtidigt som man minimerar uppvärmningskostnader. 'Sommarstugekoll' löser detta problem genom att erbjuda ett enkelt sätt att hålla koll på och kontrollera inom- och utomhustemperaturer. Om ägaren till en sommarstuga vill göra ett besök ringer han/hon helt enkelt upp sommarstugan och slår på lämpliga element, så att sommarstugan hinner värmas till en behaglig temperatur medans ägaren kör dit.

## Abstract

The system described in this report is an automated domestic temperature control system, accessible and controllable via a standard telephone connection (DTMF). The main functionality of the system is informing the user of the current temperatures at the points of measurement, and also to give the user the ability to remotely control (simple on/off) a number of external functions. These functions could be, for example, heating systems, radiators or air conditioning. Information- and control data is exchanged via a standard, analog telephone connection, using DTMF: Dual Tone, Multiple Frequency.

A specific, practical usage example is the concerned holiday home owner wanting to keep control of the heating in his summer house. Using Sommarstugekoll, one can keep the temperature at a reasonable level, avoiding for example pipes freezing, but at the same time keeping the total heating costs to a minimum. Sommarstugekoll solves this by offering users a neat and simple way to keep track of in- and outdoor temperatures - when the previously mentioned summer house owner wishes to make a visit, he simply dials the summer house telephone number giving it instructions to bring the temperature up to a comfortable level, all while he makes the drive up. Simple - smart - elegant - Sommarstugekoll is the domestic temperature automation assistant of the future!

## 1 Introduktion

Konstruktionsprojektet har utförts inom ramarna för kursen Digital Konstruktion EDA234 vid Chalmers Tekniska Högskola. Uppgiften var att inom gruppen (4 personer) relativt självständigt (med stöd från handledare) konstruera och dokumentera ett digital system utifrån en vag specifikation, där fokus låg på huvudfunktionaliteten. Utvecklingen har skett med hjälp av ett färdigt baslaborationskort som sedan byggts på med externa kretsar för den funktionalitet som specificerats. Logikkretsen som har använts är en Xilinx XC9572XL CPLD, och utvecklingen har i huvudsak skett i VHDL och Xilinx ISE-miljön, samt i ModelSim för simuleringar. Denna rapport är uppdelad i flera olika abstraktionslager för att passa läsaren och dennes specifika intresseområden.

En ren användarmanual finns bifogad i Appendix.

## 2 Systemspecifikation

### Originalspekifikation

Sommarstugekoll.

Via telefon skall det gå att ringa upp enheten och få reda på temperaturen. Vidare skall det gå att aktivera en eller flera av fyra funktioner (värmeelement som simuleras med ljusdioder). För avläsning av temperatur används DS18S20."

Matningsspänning	+5V
Strömförbrukning	80mA
Temperaturspann	+/- 31.5 C
Temperaturupplösning	0.5 C

## 3 Systembeskrivning

### 3.1 Uppdelning

Systemet består av ett antal delblock (moduler), och är skrivet för att vara så modulärt som möjligt. Nedan följer en sammanfattande tabell över de olika modulerna och deras funktioner. Varje modul är mer utförligt beskriven i sektionen *Block, Funktionalitet*. För en komplett överblick, se Blockschema.

Modul	Funktion
Styrenhet	Samordnar systemfunktioner
Temperaturmodul	Initierar, läser och presenterar temperatur
DTMF-modul	Tar emot DTMF-signaler från användaren
Ljudmodul	Spelar upp ljud lagrade på extern minneskrets
Knappsatsmodul	Hanterar knapptryckningar från användaren
Funktionsmodul	Hanterar funktionerna och deras status

Systemet är uppdelat enligt dataväg-styrenhet-modellen, där designprincipen går ut på att skilja styrsignaler och dataflödeskontroll (Styrenheten) från själva datan som forslas genom systemet (Datavägen). Den data som skickas inom systemet är i första hand temperaturdata från temperaturmodulen till ljudmodulen, och ljud som lagras på den externa ljudlagringskretsen och hanteras av ljudmodulen. Detta flöde kontrolleras från styrenheten via enkla styrsignaler. Viss data, i form av indata från användargränssnitt och utdata till funktionsstatus, passerar dock genom styrenheten.

### 3.2 Översikt

Systemet bygger på DTMF-kommunikation (Dual Tone Multiple Frequency, Tonval). Telefonen skickar ut DTMF-signaler, som kan läsas och avkodas av DTMF-avkodarkretsen, MT8880. DTMF-signaler består av två toner som tillsammans unikt ger vilken siffra på telefonens knappsats som användaren tryckt på. DTMF-Mottagaren avkodar signalerna och skickar in den resulterande datan till CPLD'n. Beroende på vilket kommando användaren gett beslutar CPLD'n vad som skall hända näst. Är kommandot ett funktionskommand (Funktion på eller av) så sätter CPLD'n statusen för den specifika funktionen till det önskade.

## 4 Blockschema

## 5 Block, Funktionalitet

### 5.1 Dataväg

### 5.2 Styrenhet

#### Syfte

Styrenheten kontrollerar och ger styrsignaler för att överse de övriga systemdelarna. Syftet är att ge en lätt överblick över hela körningscykeln, där styrenheten har kontrollen över funktionerna via en rad styr-, available- och acknowledgesignaler.

#### Uppbyggnad

Styrenheten är i sin tur modulärt uppbyggd, och har ett väl avgränsat interface mot varje annan delmodul.

#### Tillståndsmaskin

För en ingående grafisk beskrivning av den bakomliggande tillståndsmaskinen, se sektionen om Tillståndsmaskiner.

### 5.3 Funktionsmoduler

#### 5.3.1 DTMF-Modul och MT8880

#### 5.3.2 Ljudmodul och ISD2560P

#### 5.3.3 Temperaturmodul och DS18S20

#### Syfte

Temperaturmodulen i CPLD'n är ansvarig för att hantera seriekommunikationen med DS18S20-temperatursensorerna, via entrådsbussarna, samt att ge ut de lästa temperaturerna i tecken-belopp-format till ljudmodulen, i syfte att låta den i sin tur spela upp de avlästa temperaturen för systemanvändaren.

#### 1-Trådsbuss

Entrådsbussarna är anslutna till matningsspänning (+5V) genom ett pull-up-motstånd på 4.7kΩ, och ändarna av bussen är anslutna till mastern (CPLD) och sensorn (DS18S20), respektive. Då bussen befinner sig i viloläge dras den hög (svag drivning") av pull-up-motståndet. När information skickas över bussen drar den kommunicerande (sändande) enheten bussen låg genom att driva den med en stark logisk nolla.

#### DS18S20

Den temperatursensor som används är Maxim DS18S20, som ger temperaturmodulen möjlighet att läsa av temperaturen med nio (9) bitars upp-

lösning. Sensorerna som användas i detta system drivs av en extern spänningskälla på +5V, och kommunicerar seriellt över en entrådsbuss. Seriekommunikationen baserar på att bus-mastern initierar skriv- och läs-luckor. Varje sådan lucka är mellan 60 och 120 us lång. Temperatursensorn initieras genom att mastern driver bussen låg i åtminstone 480 us, vilket följs av att temperatursensorkretsen själv drar bussen låg i 60-240 us, efter en återhämtningslucka på minst 1 us. Efter initieringen väntar sensorkretsen på ett ROM-kommando från mastern, följt av ett Funktions-kommando. Varje sådant kommando är en byte lång, och skickas som LSB-först. Mastern skickar en logisk nolla genom att driva bussen låg under hela skrivluckan. En etta skickas genom att mastern driver bussen låg under en kort period, 1-15us, och sedan släpper bussen under resten av skrivluckans längd. Mellan varje skriv- eller läslucka måste det finnas en återhämtningsperiod på minst 1us.

Då mastern är klar med att skicka över ROM- och Funktions-kommando, kan (beroende på vilka kommandon som sändes) DS18S20-kretsen svara med aktuell data. På samma sätt som ovan måste mastern här initiera en läslucka genom att driva bussen låg i 1-8us, och sedan släppa den (högimpediv). DS18S20-kretsen svarar på den allokerade läs-luckan genom att antingen hålla bussen låg för att överföra en nolla, eller genom att låta bussen dras hög av pull-up-motståndet för en etta. Under den här tiden (upp till 15 us efter att ha släppt bussen) kan mastern sampla bussen för att läsa av vad DS18S20-kretsen skickat. All data som skickas från temperatursensorn skickas som LSB-först, och i 2-komplementsform.

### **Läscykel, Sammanfattning**

En läscykel består av fyra steg: Initialisering, Kommandon, Läsning och Viloläge.

Initialiseringen består i av att mastern driver bussen låg i 512 us, sedan släpper den. Temperatursensorn svarar med en närvaro-puls genom att driva bussen låg i 106 us, och därigenom bekräftar den sin närvaro på bussen och sin operationella status.

Då mastern detekterat närvaropulsen börjar den överföra ett ROM-kommando (Skip ROM, 0xCC), följt av en kort återhämtningslucka och sedan ett Funktions-kommando (Convert Temperature, 0x44), enligt läs-/skriv-luckemetoden som beskrivits ovan. Skip-ROM-kommandot används i det här systemet eftersom endast en temperatursensor används per entrådsbuss. Därmed finns inget behov av att kunna adressera specifika sensorer på bussen. Convert Temperature-kommandot säger till DS18S20-kretsen att börja konvertera temperaturen, och sedan spara den lästa temperaturen i sitt interna minne för att sedan läsas av mastern. Under konverteringsperioden (upp till 750 ms) kan mastern polla temperatursensorns status genom att kontinuerligt sända förfrågningar genom att dra bussen låg i en kort period (4 us). Temperatursensorn svarar med en nolla sålänge den är upptagen med

att konvertera temperatur, och sedan en etta såfort den är klar. Då mastern ser att temperatursensorn är klar, initieras temperatursensorn om och ytterligare ett ROM-Funktions-kommandopar överförs. Dessa är 0xCC (Skip ROM) följt av 0xBE (Read Scratchpad), respektive. Idealt ska temperatursensorkretsen nu vara redo att överföra temperaturdata till mastern från sitt interna 9-bytesminne. Då den ges Read Scratchpad-kommandot börjar DS18S20 sända över innehållet i sitt minne över bussen. Mastern går då in i läsningsläget och börjar sampla datan på bussen genom att driva bussen låg, släppa den och sampla efter 4 us, allt enligt den metod som beskrivs ovan. Mastern samplar de första åtta bitarna data som sänds av DS18S20, sedan en ytterligare, nionde bit. Den sista biten utgör en tecken-bit, 0 för positiv temperatur och 1 för negativ. Då den nionde biten data lästs ger mastern på nytt en initieringspuls, som säger åt temperatursensorn att sluta sända data. Den nyligen lästa temperaturen placeras av temperaturmodulen i CPLD'n (på CPLD2) på den interna temperaturbussen, och TAv sätts till 1 för att indikera att det finns korrekt data på bussen, enligt vad som efterfrågades av styrenheten.

## Signaler

### In

DQ0	Kommunikationstråd till temperatursensor 0
DQ1	Kommunikationstråd till temperatursensor 1
TRd	Styrsignal från styrenheten: Signalerar att läscykel ska inledas
TSel	Styrsignal från styrenheten som väljer temperatursensor (0/1)

### Ut

TAv	Signal till styrenheten för att signalera att valid data finns på bussen
Temp	Den interna temperaturdatabussen till ljudmodulen

## Uppbyggnad

Temperaturmodulen är baserad runt en tillståndsmaskin, understödd av en intern Buffer/MUX-modul samt ett antal interna räknare för att generera de nödvändiga tidsfördröjningspulserna.

## Buffer/MUX

Buffer/MUX-modulen är direkt ansluten till de två DS18S20-Temperatursensorerna som använder entrådsbuskommunikationen. Multiplexern (MUX) används för att välja mellan vilken av de två sensorerna (Sesnor 0 eller Sensor 1) som styrenheten vill kommunicera med, och använder signalen TSel. Buffern är en tri-state-buffer med en Enable-signal, E. När E är satt till 1 så kan mastern använda den av TSel valda entrådsbussen som en utgång för att överföra kommandon. När E är satt till 0 kan mastern läsa data från bussen.



## Räknare

Internt använder temperaturmodulen ett antal olika räknare:

Namn	Bitar	Syfte
cntInt	9	Genererar timing-pulser
ZC	4	Hanterar timing för skriv-luckor
Progress	2	Anger aktuellt kommando (0-3)
bitCnt	8	Anger aktuell bit för överföring/läsning

## Tillståndsmaskin

För en uttömmande grafisk beskrivning av den interna tillståndsmaskinen som används av temperaturmodulen, se sektionen om tillståndsmaskiner.

### 5.3.4 Kontrollfunktioner

#### Syfte

Funktionsmodulen är mycket enkelt uppbyggd, den tar emot data från Styrenheten och skickar vidare uppdateringarna ut på de I/O-pinnar som används för funktionerna.

### 5.3.5 Gränssnitt och Knappar

#### Syfte

Systemet har, förutom DTMF-kontroll, även ett fysiskt gränssnitt med en knappsats samt en På/Av-Brytare för temperaturläsning. Dessa rådata måste formateras, avkodas och presenteras för styrenheten. Detta är Knappsatsmodulens uppgift.

Om en knapp på knappsatsen trycks ned, skickas en availablesignal (DAv) från knappsatsen till knappsatsmodulen, som sedan avkodar vilken knapp som tryckts ned, och presenterar detta för styrenheten genom att höja en KAv (Keyboard Available)-signal, vilket indikerar valid data på knappsatsdatabussen, KData[3..0]. Genom att skicka en Acknowledgement-signal, KAck, bekräftar styrenheten att den sett och mottagit datan från knappsatsen.

## 6 Tillståndsmaskiner

### 6.0.6 Styrenhet

### 6.0.7 Temperaturmodul

(Refererar till tillståndsdigramet för temperaturmodulen)

**Reset:** Alla signaler och räknare återställs till sina grundvärden.

**Grundvärden:** Utgångspunkten är att alla signaler behåller sina gamla värden om inget annat anges.

**Viloläge (Tillstånd 0):**

0: Viloläge och återställningspunkt. Inväntar  $TRd = 1$  från Styrenheten

**Initialisering (Tillstånd 1-3):**

1: Fördröjningstillstånd, väntar på puls på DelayLong (512 us)

2: Mastern driver bussen låg i 512 us och sätter datavärdet till 0xCC (Skip ROM)

3: Mastern släpper bussen, DS18S20 skickar närvaropuls

**Kommandoöverföring (Tillstånd 4-8):**

4: Förberedelsestillstånd före sändning

5: Huvudsändningstillståndet, mastern sänder bit enligt aktuellt räknarvärde

6: Mellanbittstillstånd, återhämtningstillstånd. Fortsätter om fler bitar ska skickas

7: Avgör om DS18S20 är upptagen med att konvertera temperaturen. Om så, vänta tills klar

8: Vägskaletillstånd. Om vi har fler kommandon att skicka, gå tillbaka, annars börja läsa

**Läsning (Tillstånd 9-15):**

9: Förberedelsestillstånd före läsning

10: Mastern initierar en läslucka genom att dra bussen låg i 4 us

11: Mastern väntar ytterligare 4 us för att pull-up-motståndet ska få verka

12: Mastern samplar bussen. Om DS18S20 skickar en nolla hålls bussen låg, annars inte

13: Återhämtningstillstånd mellan samplingar

14: Vägskaletillstånd. Om vi har fler bitar att läsa, gå tillbaka, annars gå vidare

15: Läsning klar, lägg ut temperatur på buss och signalera valid data. Gå tillbaka till 0

## 6.0.8 DTMF-Modul

## 6.0.9 Ljudmodul

# 7 Tidsdiagram

# 8 Felanalys

## Temperaturfel

Då systemet hanterar avläsning av temperaturer och endast klarar ett

## 9 Appendix

### 9.1 Komponentlista

Namn	Beskrivning
XC9572XL (x2)	CPLD
DS18S20 (x2)	Temperatursensor
MT8880C	DTMF Transceiver
ISD2560P	Ljudlagringskrets

## 9.2 Kretsschema

## 9.3 Pin-Layout

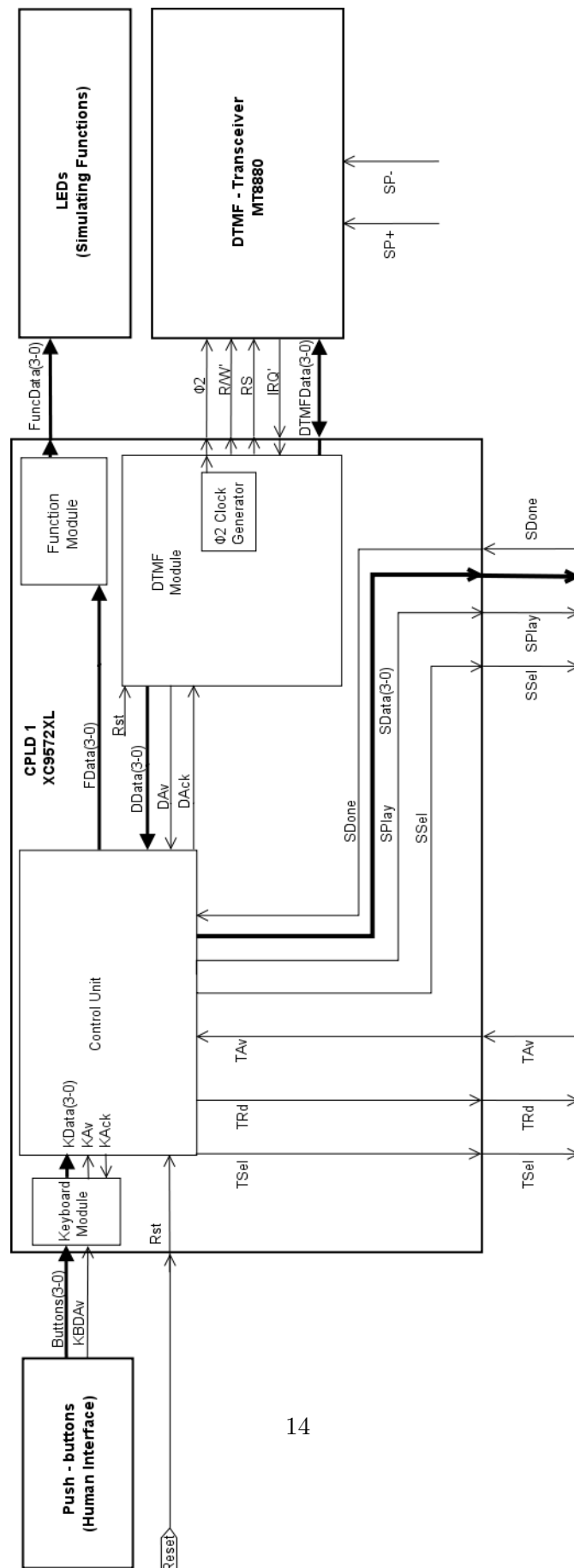
## 9.4 Signallista

Signal	Från	Till	Beskr.
clk	Extern	Allt	Global Klocksignal
rst	Extern	Allt	Global Resetsignal
Buttons[3..0]	Knappsats	Knappsatsmodul	Indatavektor
KBDav	Knappsats	Knappsatsmodul	Availablesignal
FuncData[3..0]	Funktionsmodul	FunktionsLEDs	Funktionsstyrning
DTMFData[3..0]	DTMF-Modul	MT8880	Databuss till MT8880 (bidir.)
Phi2	DTMF-Modul	MT8880	Klocksignal till MT8880
R/W	DTMF-Modul	MT8880	Read/Write till MT8880
RS0	DTMF-Modul	MT8880	Intieringssignal till MT8880
IRQ	MT8880	DTMF-Modul	Interruptsignal från MT8880
KData[3..0]	Knappsatsmodul	Styrenhet	Data från knappsatsmodul
KAv	Knappsatsmodul	Styrenhet	Availablesignal från knappsatsmodul
KAck	Styrenhet	Knappsatsmodul	Ack. till knappsatsmodul
TSel	Styrenhet	Temperaturmodul	Sensorselectsignal
TRd	Styrenhet	Temperaturmodul	Read-signal (starta läsning)
TAv	Temperaturmodul	Styrenhet	Availablesignal, valid data
SData[3..0]	Styrenhet	Ljudmodul	Ljudadressbuss
SSel	Styrenhet	Ljudmodul	Selectsignal för temperatur/ljud
SPlay	Styrenhet	Ljudmodul	Play-signal (spela ljud)
SDone	Ljudmodul	Styrenhet	Signallerar uppspelning färdig
DData[3..0]	DTMF-Modul	Styrenhet	DTMF-Databuss
DAv	DTMF-Modul	Styrenhet	Availablesignal från DTMF-Modul
DAck	Styrenhet	DTMF-Modul	Acknowledgement från Styrenhet
FData[3..0]	Styrenhet	Funktionsmodul	Funktionsstatusbuss
SP+	ISD250P	MT8880	Analog ljudsignal (+)
SP-	ISD250P	MT8880	Analog ljudsignal (-)
DQ0	Temperaturmodul	DS18S20	Seriell 1-trådsbuss (bidir.)
DQ1	Temperaturmodul	DS18S20	Seriell 1-trådsbuss (bidir.)
Temp[7..0]	Temperaturmodul	Ljudmodul	Temperaturdatabuss
Addr[4..0]	Ljudmodul	ISD2560P	Adressbuss till ISD2560P
CE	Ljudmodul	ISD2560P	Chip-Enable från ljudmodul
EOM	IDS2560P	Ljudmodul	End-Of-Message från ISD2560P

## 9.5 Programlistningar

## 9.6 Arbetsfördelning

Namn	Moduler / Ansvar	Övrigt
Fredrik Brosser	??	??
Karl Buchka	??	??
Andreas Henriksson	??	??
Johan Wolgers	??	??



Figur 1: Blockschema (CPLD1)

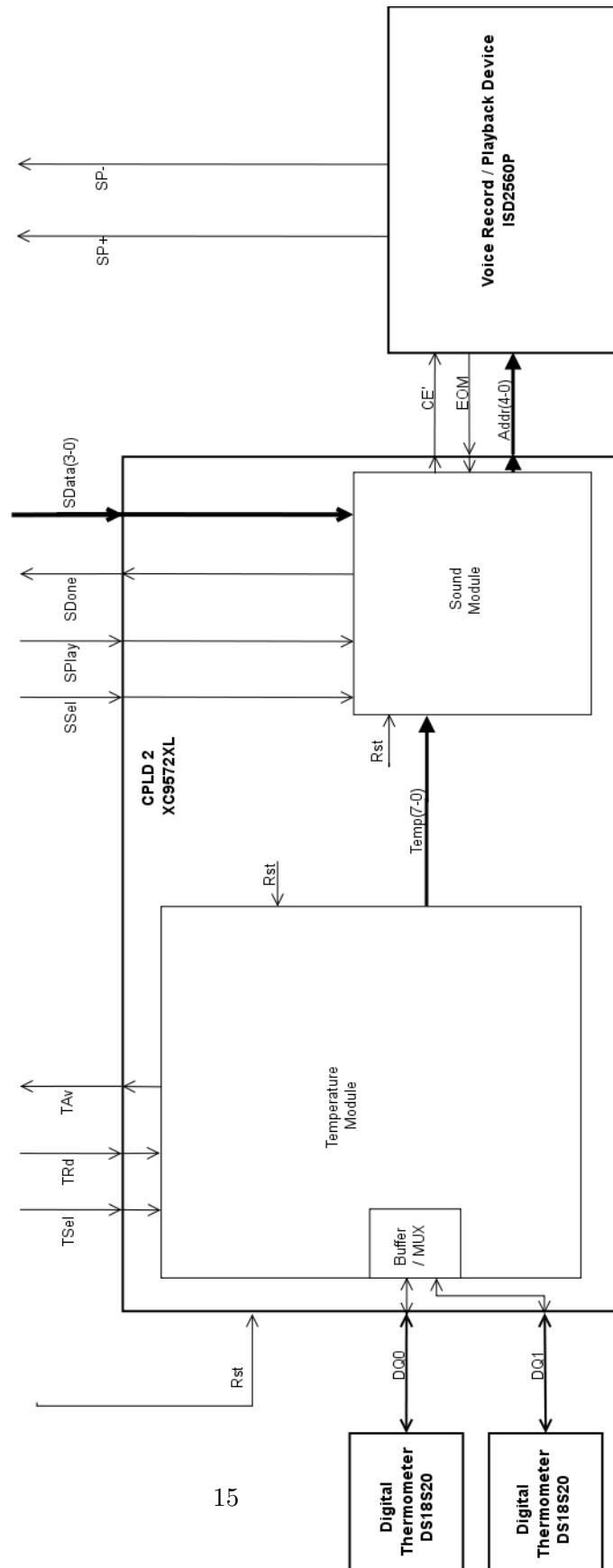
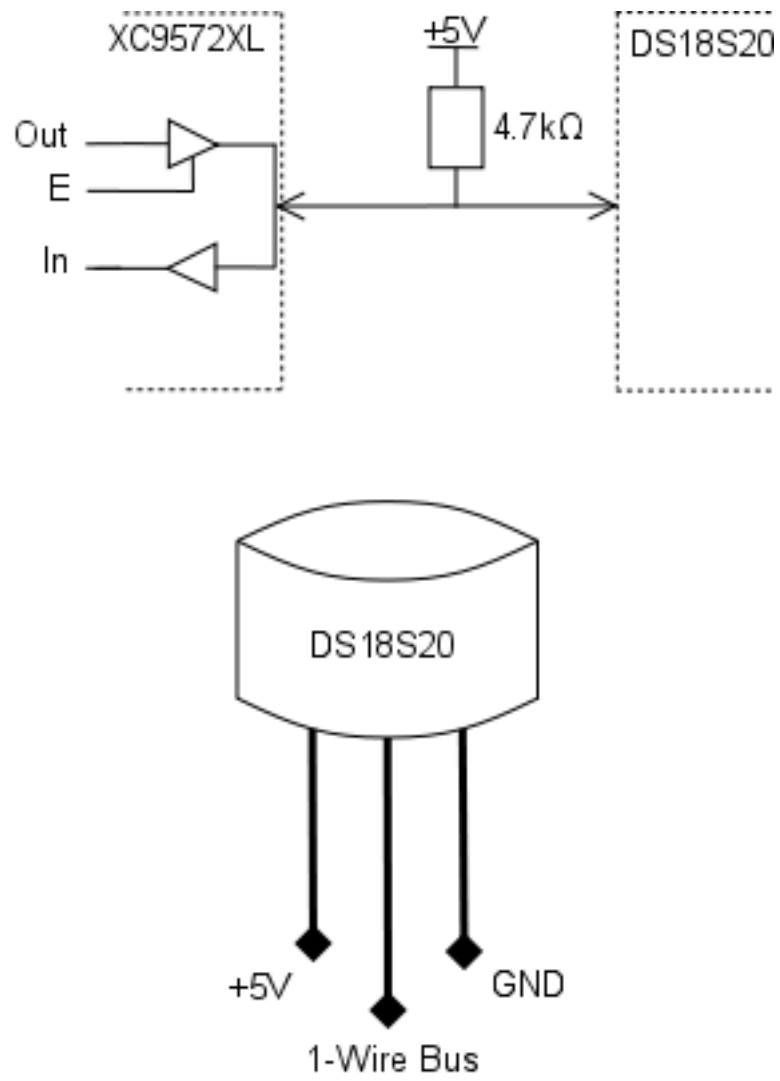
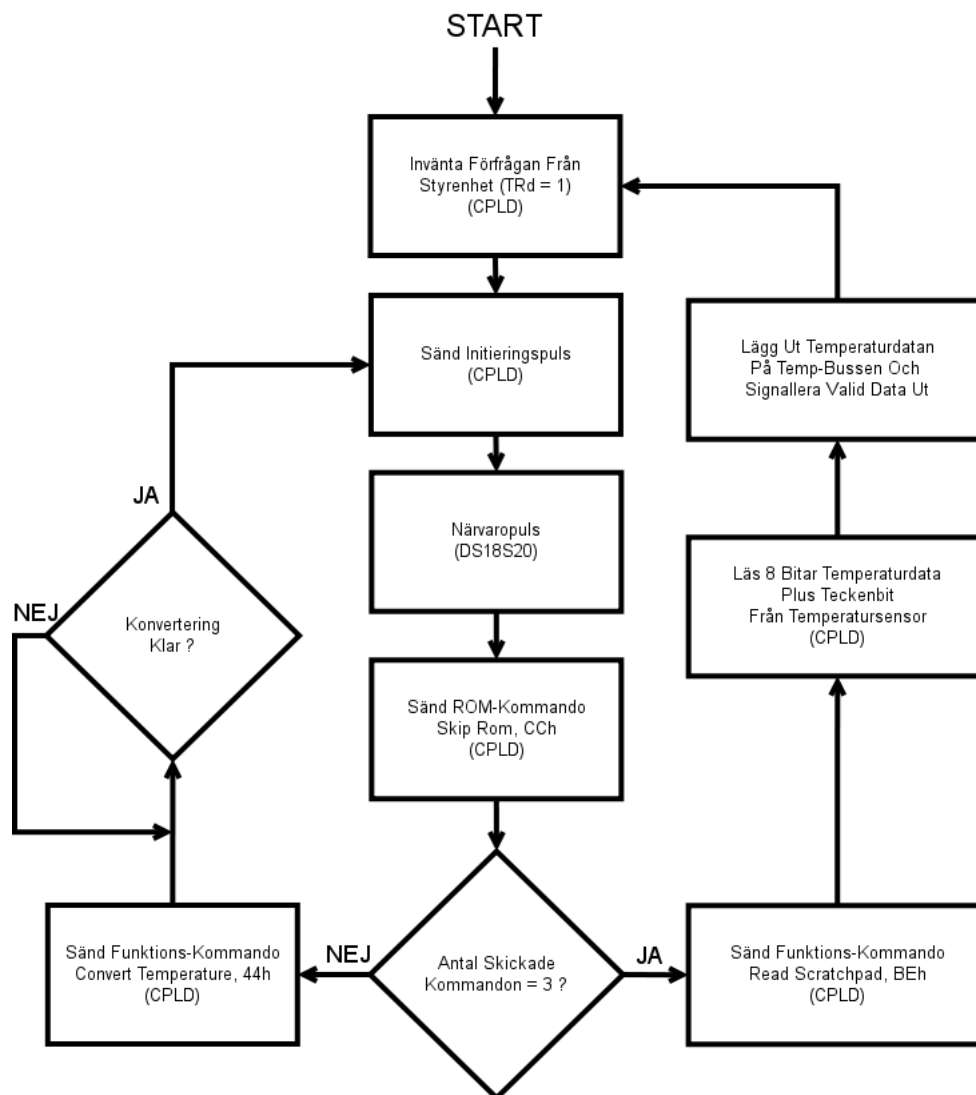


Figure 2: Blockscheme (CPLD2)

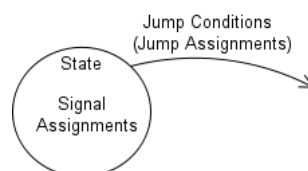


Figur 3: Uppkoppling, Entrådsbuss

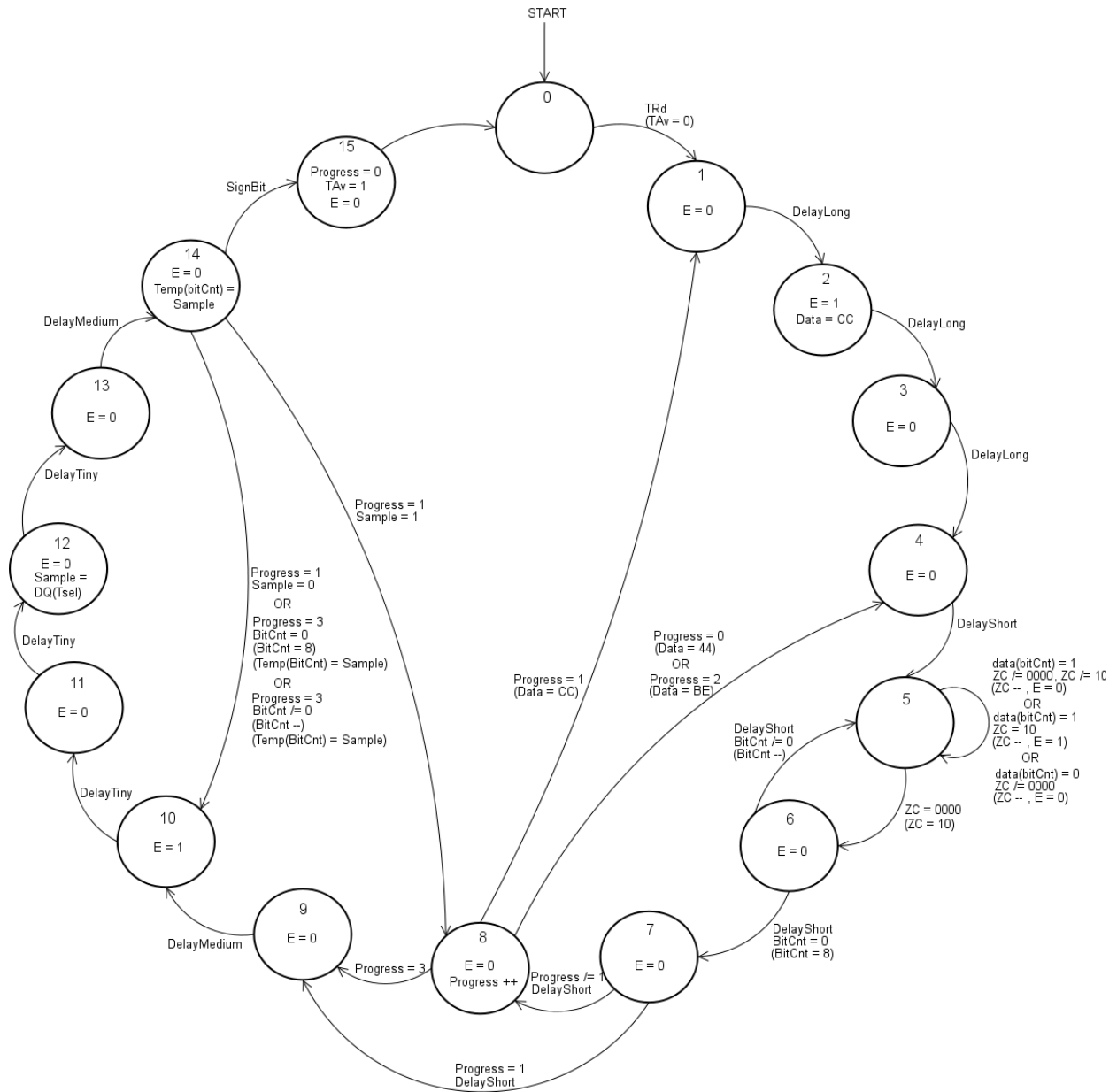




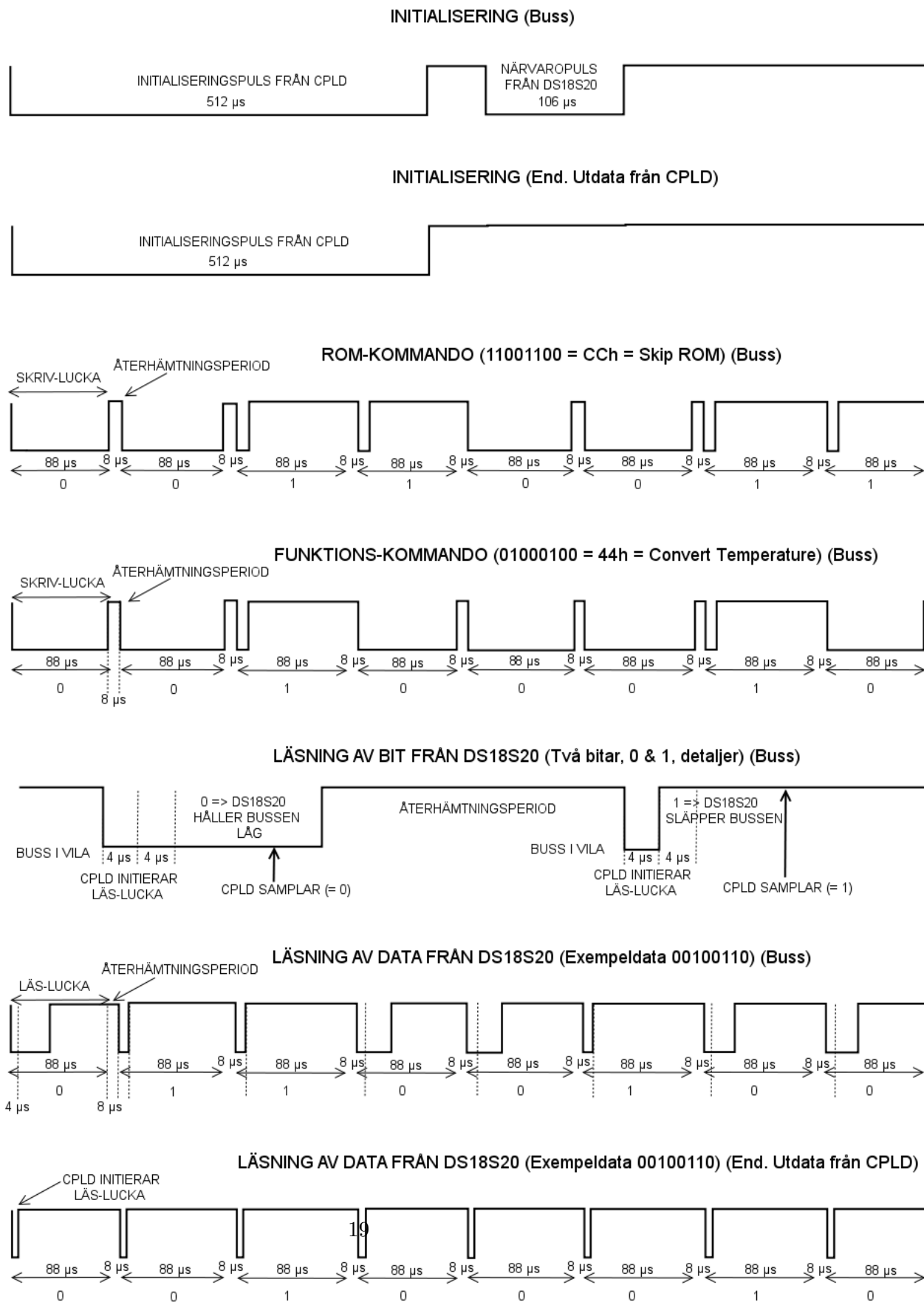
Figur 4: Högnivå-flödesdiagram för Temperaturläscykel



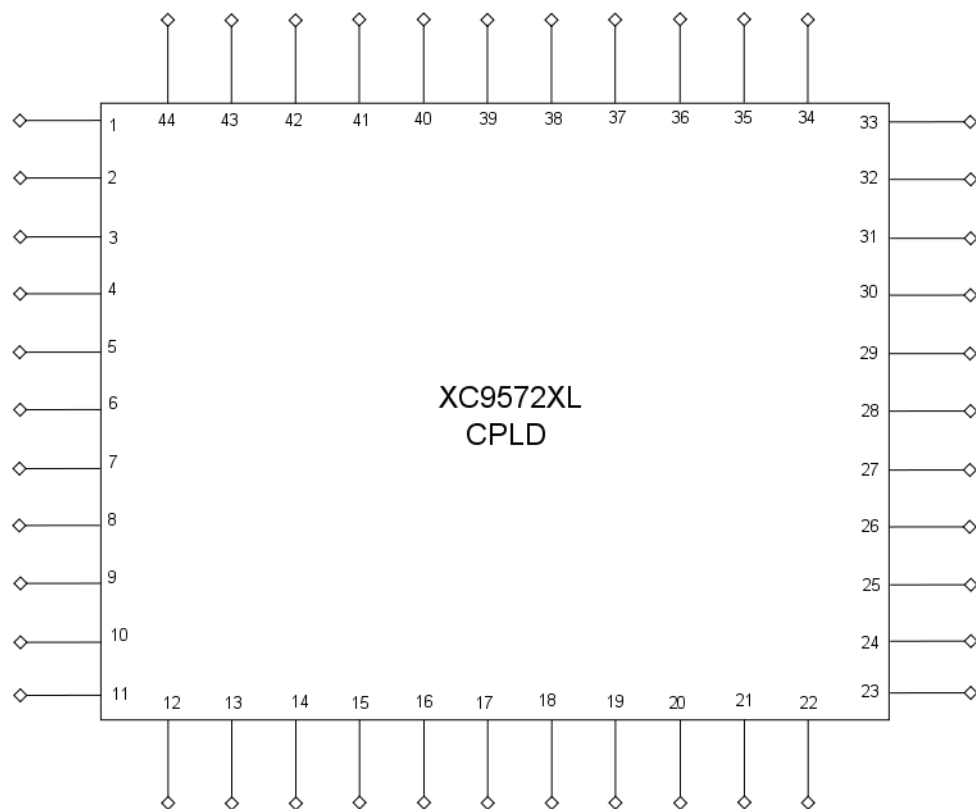
Figur 5: Förklaring till State Machine-diagram



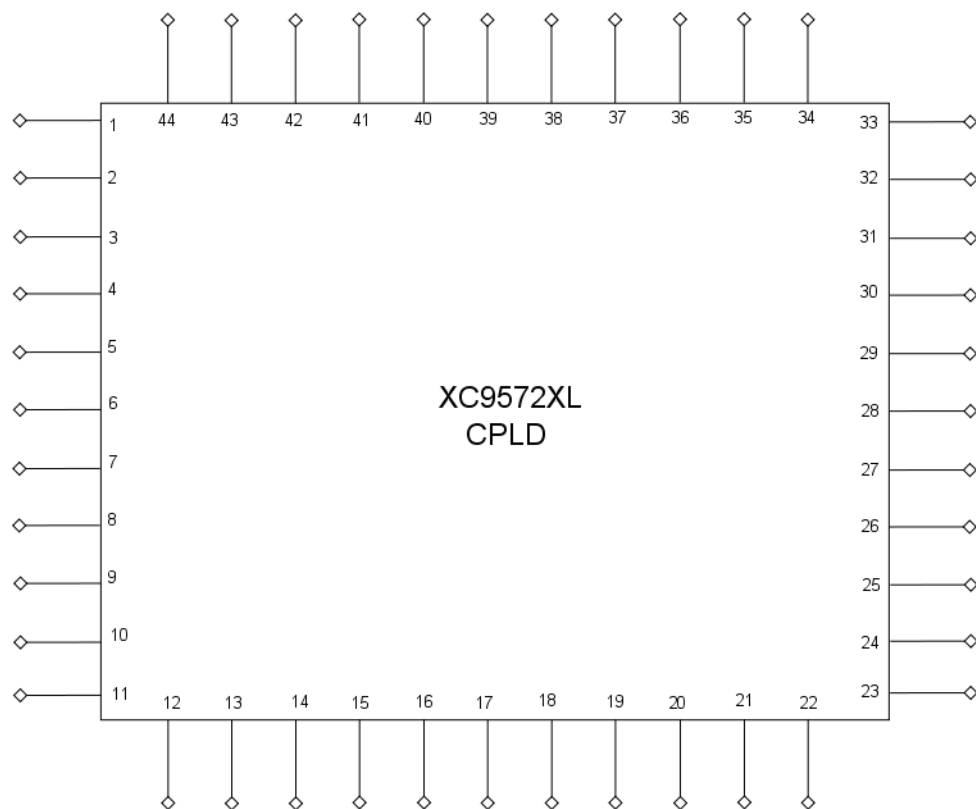
Figur 6: Detaljerat State Machine-diagram för Temperaturläscykel



Figur 7: Timingdiagram för Temperaturmodulen



Figur 8: Pin-Konfiguration (CPLD1)



Figur 9: Pin-Konfiguration (CPLD2)