

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

11 december 2011

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Introduktion</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Kravspecifikation och systembeskrivning</b>	<b>2</b>
2.1	Tolkning och definition av kravspecifikation . . . . .	2
2.2	Uppdelning . . . . .	2
2.3	Arbetsflöde . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Funktionsenheter</b>	<b>4</b>
3.1	Dataväg . . . . .	4
3.2	Styrenhet . . . . .	4
3.2.1	Uppbyggnad . . . . .	7
3.3	DTMF-Modul . . . . .	7
3.3.1	Initiering . . . . .	7
3.3.2	Läsning . . . . .	7
3.4	Ljudmodul . . . . .	7
3.4.1	Addressering och Uppspelning . . . . .	8
3.5	Temperaturmodul . . . . .	8
3.5.1	Entrådsbuss . . . . .	8
3.5.2	Läscykel . . . . .	8
3.5.3	Uppbyggnad . . . . .	10
3.5.4	Buffer/MUX . . . . .	11
3.5.5	Räknare . . . . .	11
3.6	Extern funktionsstyrning . . . . .	11
3.7	Användargränssnittshantering . . . . .	11
<b>4</b>	<b>Hårdvara</b>	<b>11</b>
4.1	ISD2560P . . . . .	11
4.2	DS18S20 . . . . .	12
4.3	MT8880C . . . . .	13
<b>5</b>	<b>Tillståndsmaskiner</b>	<b>13</b>
5.1	Styrenhet . . . . .	13
5.2	Temperaturmodul . . . . .	13
5.3	DTMF-Modul . . . . .	15
5.4	Ljudmodul . . . . .	16
<b>6</b>	<b>Felanalys</b>	<b>16</b>
	<b>Appendix</b>	<b>18</b>
<b>A</b>	<b>Användarmanual och Gränssnitt</b>	<b>18</b>
<b>B</b>	<b>Blockschema</b>	<b>21</b>

C	Komponentlista	23
D	Kretsschema	25
E	Kretskortslayout	27
F	Timingdiagram	29
G	Signallista	30
H	Arbetsfördelning	31
I	Programlistningar	31

## **Sammanfattning**

Ett system för temperaturavläsning och relästyrning beskrivs genom denna rapport. Systemet är åtkomligt och styrbart via telefon genom DTMF (Dual Tone Multiple Frequency). Systemets funktion består i att informera användaren om aktuella temperaturer från två temperatursensorer samt ge användaren möjlighet att via telefon styra utgångarna (till/från) för exempelvis värmeelement eller belysning. Styrning och återkoppling utbytes genom en telefonlinje, POTS (Plain Old Telephone Service) med hjälp av DTMF.

En tänkt tillämpning för produkten:

- \* Systemet inkopplas innan avfärd från sommarstugan och befinner sig i viloläge.
- \* Användaren kan då denne önskar ringa upp systemet som på anmodan returnerar temperatur från någon av temperaturgivarna.
- \* Användaren kan sedan genom sin knapptelefon aktivera eller avaktivera någon av utgångarna för att på så sätt slå till värme, belysning eller vad som anslutits till funktionsutgångarna.

## **Abstract**

The system described in this report is an automated domestic temperature control system, accessible and controllable via telephone. The main function of the system is to inform the user of the current temperatures at the points of measurement, and also to give the user remote binary control (on/off) of a number of external functions. These functions could for example be 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 application is of the concerned holiday home owner wanting to monitor and control the temperature in his or her vacation property. Using Sommarstugekoll it is possible to keep heating expenditures to a minimum while at the same time reducing the risk of temperature related property damage such as burst water pipes.

Should the owner wish to visit the property, he or she needs only to dial the house telephone prior to arrival and instruct the system to raise the interior temperature to a comfortable level.

# 1 Introduktion

Konstruktionsprojektet utförs inom kursen “Digital Konstruktion, EDA234” vid Chalmers Tekniska Högskola. Uppgiften består att inom gruppen om 4 personer konstruera och dokumentera ett digitalsystem utifrån en specifikation, med fokus på huvudfunktionalitet i det digitala området. Utvecklingen sker på ett färdigt utvecklingskort vilket sedan kompletteras med externa kretsar och programmeras för att nå kravspecefikationen. Logikkretsen som används är en Xilinx XC9572XL CPLD, och utvecklingen sker i huvudsak med VHDL i Xilinx ISE-miljön samt i ModelSim för simuleringar. Rapporten är uppdelad i abstraktionslager med fördjupningar i de senare avsnitten.

En handhavandeinstruktion återfinns bifogad i Appendix A.

## 2 Kravspecifikation och systembeskrivning

Systemet består av en styrenhet placerad på två CPLD med anslutning till telefonnätet. Styrenheten har med hjälp av en DTMF avkodare möjlighet att tolka användarens telefonknapptryckningar på distans. Vidare kan användaren genom dessa knapptryckningar skicka signal för att hämta datavärde från någon av de två temperaturgivarna anslutna med enträdsbus. En röst-enhet läser sedan upp ett förinspelat meddelande för respektive temperatur. Vidare kan användaren också starta eller stoppa någon av de funktionsutgångar som finns till hands, användaren får då akustisk återkoppling om aktuell status för funktionsutgången via samma ljudmodul.

Funktionsutgångarna kan också styras lokalt med bifogade knappsetsen. Aktuell status för funktionsutgångarna visas med lysdioder.

### 2.1 Tolkning och definition av kravspecifikation

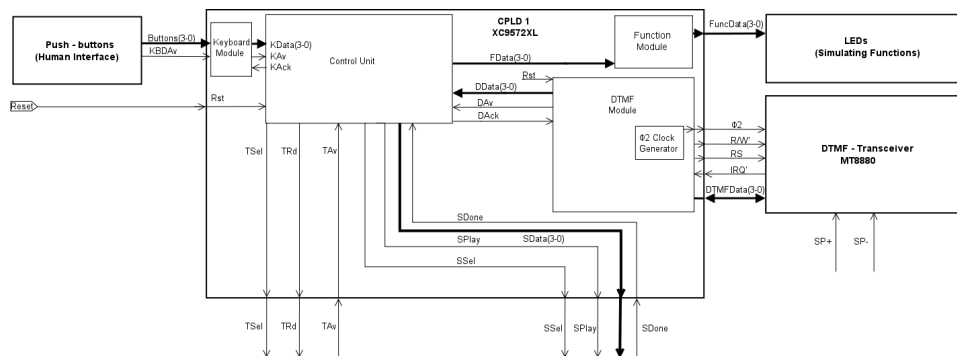
Inom det tilltänkta användningsområdet, ett fritidshus med POTS-linje som under större delen av året endast nyttjas tillfälligtvis, är det rimligt med en temperatur om  $5 - 10^{\circ}\text{C}$  då ingen vistas i huset. Vidare bör det vara önskvärt att ha möjlighet att slå till normal värme innan ett besök, kunna kontrollera att det blivit varmt samt att kontrollera att temperaturen är över  $0^{\circ}\text{C}$ . Systemet kan därför tolka en temperatur om  $\pm 32^{\circ}\text{C}$  från givarna med en upplösning om  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Senast avläst temperatur visas också binärt på LED-displayen.

Systemet matas med en spänning om  $5\text{ V DC}$ , då systemet är till indikerat detta med en lysdiod.

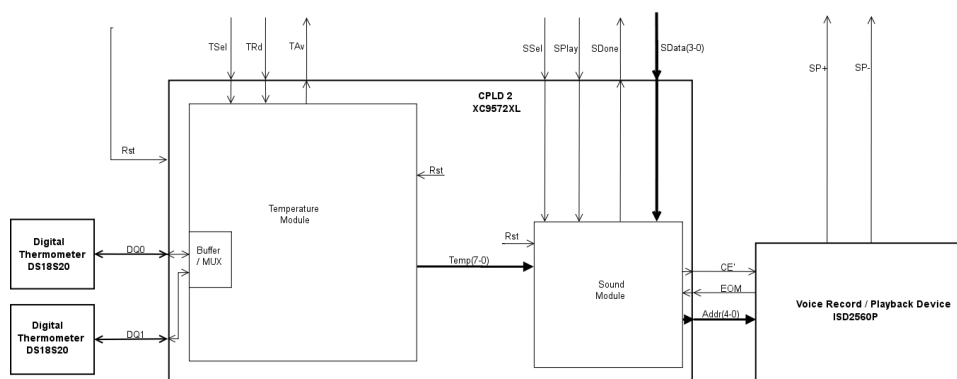
### 2.2 Uppdelning

Systemet är uppdelat i ett antal delblock (moduler) och är konstruerat för att vara så modulärt som möjligt. Nedan följer en sammanfattande tabell över hur de olika modulerna är uppdelade på de två CPLD:erna. Varje modul är mer utförligt beskriven i respektive sektion under rubriken 3 Funktionsenheter.

I blockschema som återfinns i figur 1 och 2 visas respektive modul och uppdelningen på två CPLD samt dess kommunikationsvägar. I tabell 1 förklaras respektive modul samt vilken CPLD som innehåller denna.



Figur 1: Blockdiagram för CPLD1



Figur 2: Blockdiagram för CPLD2

Tabell 1: Respektive CPLD's moduler och uppgifter

### CPLD1

Modul	Funktion
Styrenhet	Samordnar systemets funktion
DTMF-modul	Tar emot DTMF-signaler via POTS
Funktionsmodul	Hanterar funktionsutgångarna
Knappmodul	Hanterar tryckningar på knappsatsen

### CPLD2

Modul	Funktion
Temperaturmodul	Initierar, läser och presenterar temperatur
Ljudmodul	Hanterar styrning av extern ljudkrets

Systemet är uppdelat enligt “dataväg-styrenhet-modellen”, där designprincipen går ut på att skilja styrsignaler och dataflödeskontroll (Styrenheten) från datan som forslas genom systemet (Datavägen). Systemet skickar temperaturdata från temperaturmodulen till ljudmodulen samt adressdata till ljudlagringsenheten från ljudmodulen. Detta flöde kontrolleras från styrenheten via enkla styrsignaler. Viss data, i form av indata från användargränssnitt och styrsignaler till funktionsutgångar, passerar dock genom styrenheten.

## 2.3 Arbetsflöde

I sitt viloläge väntar systemet på inkommande samtal. Då samtal mottages börjar systemet med att läsa upp ett antal ljudklipp med aktuella temperaturer, och erbjuder sedan användaren möjligheten till att styra de externa funktionerna. Telefonen skickar ut DTMF-signaler, som läses och avkodas av DTMF-transceivern, MT8880, vilken avkodar tvåtonssignalerna för att unikt identifiera nedtryckt knapp och sänder ut denna på databussen till DTMF-modulen.

Då användaren nedtrycker en knapp kontrollerar styrenheten om knapptryckningen motsvarar ett funktionskommando (funktion till eller från), isåfall sätter CPLD’n statusen för respektive funktionsutgång.

## 3 Funktionsenheter

Systemet är som tidigare nämnt uppdelat i sex funktionsenheter, som presenteras närmare nedan.

### 3.1 Dataväg

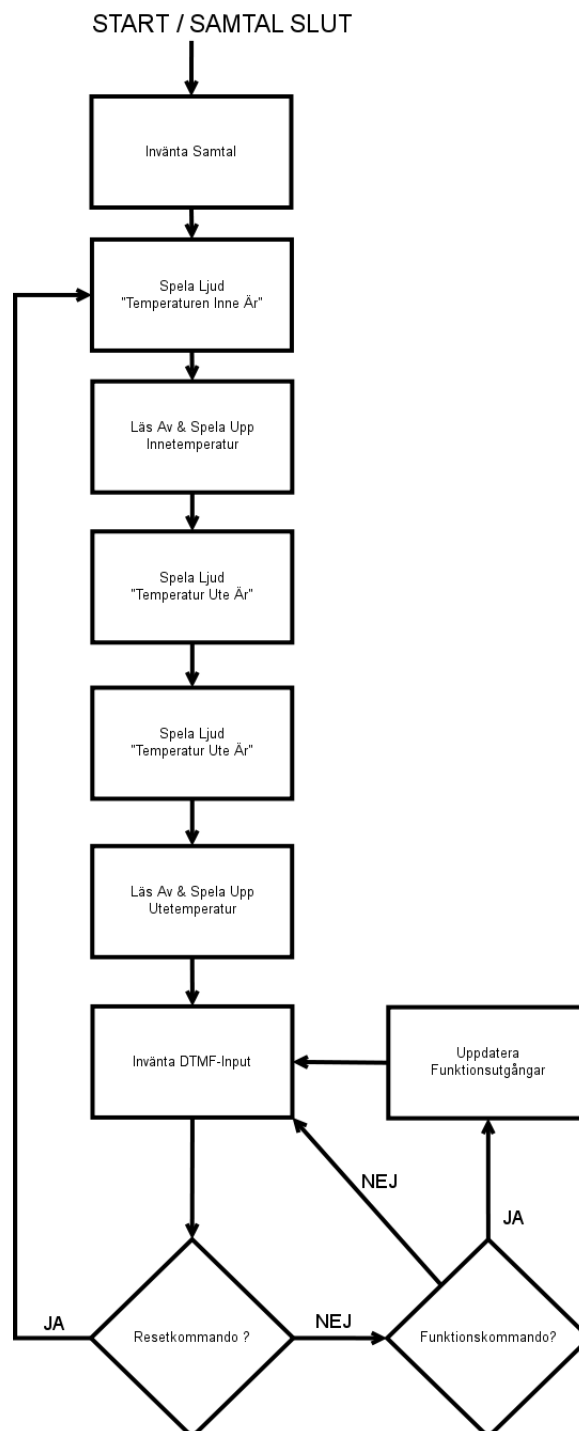
Temperaturdatan avläses från temperatursensorer och skickas till temperaturmodulen. Denna skickar sedan datan till ljudmodulen, för vidare uppläsning via ljudlagringskretsen, ISD2560P. Denna data skickas aldrig genom, men kontrolleras av, styrenheten. Den rena datavägen i systemet är alltså här begränsad till CPLD2.

### 3.2 Styrenhet

Styrenheten kontrollerar och ger styrsignaler för att hantera de övriga systemdelarna. Syftet är att ge en lätt överblick över hela körcykeln, där styrenheten har kontroll över funktionerna via en rad styr-, available- och acknowledge-sig-naler. Styrenheten får även indata från knappsats och DTMF-mottagare via respektive modul som presenterar data för styrenheten. Denna indata är skild från datavägen (temperaturinformation), och meddelar styrenheten



om nästföljande steg, dvs. reagera i enlighet med användarsignaler. Se figur 3 för flödesschema.



Figur 3: Högnivå-flödesdiagram för Kontrollenhet

### 3.2.1 Uppbyggnad

Styrenheten är i sin tur modulärt uppbyggd, och har ett väl avgränsat interface mot varje annan delmodul, men fungerar samtidigt som en samordnare mellan de olika modulerna. För en ingående grafisk beskrivning av den bakomliggande tillståndsmaskinen, se sektion 5 Tillståndsmaskiner.

## 3.3 DTMF-Modul

DTMF-modulen i CPLD1 är ansvarig för att hantera kommunikation med telefonen och därmed också med användaren. När användaren trycker ner en knapp på telefonen genereras en DTMF-signal som uppfattas och avkodas av DTMF-modulen vilken sedan presenterar den mottagna indatan för styrenheten.

### 3.3.1 Initiering

DTMF-modulen måste få en initieringspuls minst 100 ms efter spänningspåslag. Detta sker med hjälp av en extern tryckknapp, som beskrivet i användarmanualen. Under hela initieringen är Chip Select satt låg och RS0 satt hög. Initieringscykeln börjar med att DTMF-modulen läser statusregistret och ger kommandon genom att skriva till kontrollregistret på MT8880-kretsen enligt ett i databladet givet mönster. Se även sektion 4.3 under Hårdvara för vidare beskrivning. DTMF-Modulen är ansvarig för att ge ut rätt signaler under initieringsfasen, vilket görs med hjälp av en tillståndsmaskin. Denna finns beskriven i sektion 5 Tillståndsmaskiner.

### 3.3.2 Läsning

Då initieringen av MT8880C är färdigställd går DTMF-Modulen över i ett läsläge, där den kontinuerligt lyssnar efter insignaler från MT8880C-kretsen. När giltig indata detekteras läses den och läggs ut på den interna DTMF-databussen till styrenheten, varpå DTMF-Modulen ger signal "dAv" till styrenheten. DTMF-modulen väntar sedan på en bekräftelsesignal (dAck) från styrenheten. Läsningen sker genom att DTMF-modulen väntar på signal på avbrottsutgången (IRQ) vilket betyder att en ny DTMF-signal detekterats och avkodats från telefonlinjen och lagts ut på databussen från MT8880C'n.

## 3.4 Ljudmodul

Ljudmodulen styr den externa ljudlagringskretsen och signalerar till styrenheten när en uppspelning är färdig. Genom att ställa om värdet av C/T signalen kan styrenheten begära en vanlig ljuduppspelning eller en temperaturuppspelning.

### 3.4.1 Addressering och Uppspelning

När styrenheten begär en temperaturuppspelning så börjar ljudmodulen att läsa av temperaturmodulens databuss. Om temperaturen är giltig (dvs. innanför det giltiga mätspannet) så skickar ljudmodulen ut de 6 minst signifikanta bitarna av temperaturen direkt till ljudkretsen och triggar en uppspelning. Ljudkretsen är programmerad på sådant vis att temperaturbussens värde är mappat 1:1 till det korrekta ljudklippet. Om en overflow har skett så ställs temperaturen helt enkelt till det högsta giltiga värdet och uppspelningen fortsätter. Efter att själva temperaturen är färdiguppspelad så granskar ljudmodulen åter igen temperaturbussen och spelar upp minusgrader"eller plusgraderberoende på vilken sida nollstrecket man befinner sig på. Därefter signaleras styrenheten att uppspelningen är färdig.

Vid en vanlig uppspelning använder sig ljudmodulen av en 4-bitars adress kommande från styrenheten. Innan uppspelning förlängs denna till 6 bitar genom att lägga till en ny statisk MSB och en ny statisk LSB. Adressen "kläms på så sätt in mellan två nya bitar. Anledningen för den udda förlängningen beror på att ljudklippen som styrenheten begär kräver mer lagringsutrymme på ljudkretsen än vad temperaturerna gör. Hårdvarubeskrivningen förklarar detta i mer detalj.

## 3.5 Temperaturmodul

Temperaturmodulen är ansvarig för att hantera seriekommunikationen med DS18S20-temperatursensorerna, via entrådsbussarna, samt att ge ut de lästa temperaturerna i tecken-belopp-format, där den mest signifikanta biten ger tecknet (positiv eller negativ) och efterföljande bitar temperaturdaten binärt. Temperaturerna skickas via en intern databuss till ljudmodulen, i syfte att låta den i sin tur spela upp de avlästa temperaturen för användaren. För vidare beskrivning av temperatursensorkretsen, se sektion 4.2 under Hårdvara.

### 3.5.1 Entrådsbuss

Temperaturmodulen kommunicerar seriellt med temperatursensorn över en entrådsbuss. Entrådsbussen är ansluten till matningsspänning (+5V) genom ett pull-up-motstånd på 4.7kOhm, och ändarna av bussen är anslutna till mastern (CPLD) och sensorn (DS18S20), respektive. När information skickas över bussen drar den sändande enheten bussen låg genom att driva den med en stark logisk nolla.

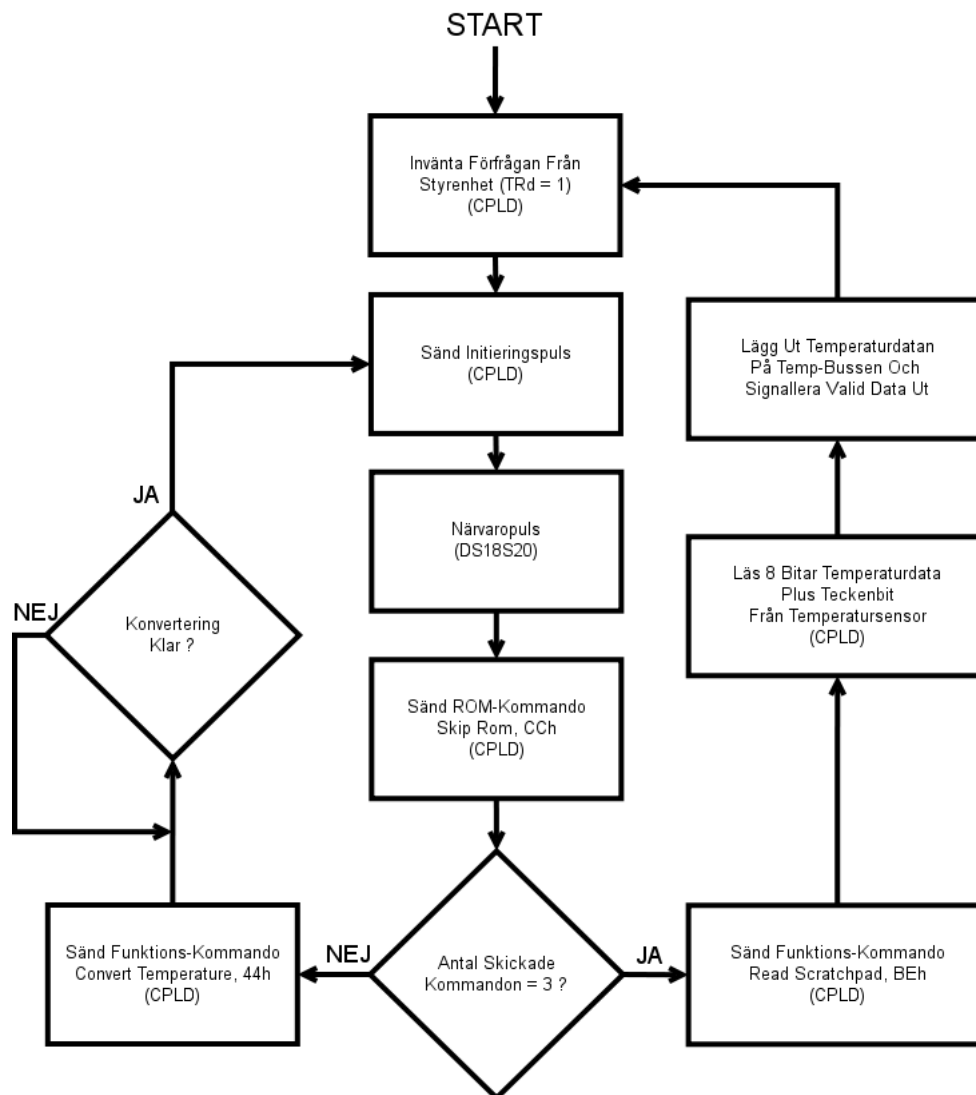
### 3.5.2 Läscykel

En läscykel består av fyra steg: initialisering, kommandon, läsning och viloläge.

(Se även figur 4 för en flödesdiagram-beskrivning av en hel läscykel.)

Initialiseringen består i av att mastern driver bussen låg i 512 us och sedan släpper den. Temperatursensorn svarar då med en närvaro-puls genom att driva bussen låg i 106 us.

Då mastern detekterat närvaropulsen börjar den överföra ett ROM-kommando (Skip ROM, 0xCC), följt av en kort återhämtningsslucka och sedan ett Funktions-kommando (Convert Temperature, 0x44). Skip-ROM-kommandot används i det här systemet, endast en temperatursensor används per enträdsbuss, därmed finns inget behov av att kunna adressera specifika sensorer på bussen. Då Convert Temperature-kommandot ges gör DS18S20-kretsen en temperaturkonvertering, för att sedan spara den lästa temperaturdatan i ett internt 9-bytes minne. Under konverteringsperioden (upp till 750 ms) kan mastern göra polling av temperatursensorns status. Detta innebär att mastern kontinuerligt sänder förfrågningar genom att dra bussen låg i en kort period (4 us). Temperatursensorn svarar med en nolla då konvertering sker, och en etta då konverteringen är klar. Då mastern ser att konverteringen är klar, initialiseras 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 ger Read Scratchpad-kommandot börjar DS18S20 sända innehållet i sitt minne över bussen. Mastern går då in i läsningssläget och börjar sampla datan på bussen genom att driva bussen låg, släppa den och sampla efter 4 us. Mastern samplar de första åtta bitarna som sänds av DS18S20, sedan en ytterligare, nionde bit. Den sista biten utgör en tecken-bit för att avgöra om temperaturen är positiv eller negativ. Då den nionde biten data lästs ger mastern på nytt en initieringspuls för att avbryta läsningen. Den nyligen lästa temperaturen placeras på den interna temperaturbussen, och temperaturmodulen signalerar till styrenheten att giltig data finns på bussen.



Figur 4: Högnivå-flödesdiagram för Temperaturläscykel

### 3.5.3 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. För en grafisk beskrivning av den interna tillståndsmaskinen som används av temperaturmodulen, se sektion 5 Tillståndsmaskiner.

### 3.5.4 Buffer/MUX

Buffern är en tri-state-buffer med en Enable-signal. Buffer/MUX-modulen är direkt ansluten till de två DS18S20-Temperatursensorerna som använder entrådsbusskommunikationen. Multiplexern (MUX) används för att välja mellan vilken av de två sensorerna som styrenheten vill kommunicera med.

### 3.5.5 Räknare

Internt använder temperaturmodulen ett antal olika räknare:

Namn	Bitar	Beskrivning
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

Se även VHDL-beskrivning i appendix I

## 3.6 Extern funktionsstyrning

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. Sammanfattat fungerar den som ett mellansteg för att underlätta för styrenhetens funktionsstyrning, och kan vid behov byggas ut ytterligare för att implementera andra funktioner i systemet.

## 3.7 Användargränssnittshantering

Systemet har, förutom DTMF-kontroll, även ett fysiskt gränssnitt med en knappsats samt en till/från-brytare för temperaturläsning. Dessa rådata måste formateras, avkodas och presenteras för styrenheten. Detta är knapp-satsmodulens 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 giltig data på knappsatsdatabussen, kData[3..0]. Genom att skicka en acknowledgement-signal, kAck, bekräftar styrenheten att den sett och mottagit datan från knappsatsen.

# 4 Hårdvara

## 4.1 ISD2560P

ISD2560P är en integrerad inspelnings- och uppspelningskrets med plats för 60 sekunder ljud. Kretsen är inkopplad enligt ett modifierat förslagsschema

i databladet och brukas i sk. Direct Addressing Mode. Kretsen har 10 adresspinnar med 600 giltiga adresser. Varje adressinkrementering flyttar uppspelningspekaren med 0.1 sekunder ( $0.1\text{sekunder} * 600\text{adresser} = 60\text{sekunder}$ ). Signalerna *ce* (Chip Enable), *eom* (End of Message) och en 6-bitars adressbuss är anslutna till CPLDn. Uppspelningen styrs av den flanktriggade Chip Enable-signalen som är aktiv låg. När denna får en puls latchas adressvärdena och en uppspelning påbörjas. Uppspelning avslutas med en annan (aktiv låg) puls på *eom*.

De 3 minst signifikanta adressbitarna och den mest signifikanta adressbiten är knutna till jord. Resterande 6 bitar styrs av CPLDn. Inkoppling på detta vis innebär ljudklippslängder i multiplar av 0.8 sekunder. Alla siffror som läses upp ryms i enskilda 0.8 sekundersblock och kan således adresseras utan vidare. Längre ljudklipp kräver aldrig mer än 1.6 sekunder och kan tilldelas block av dubbel längd genom att använda 5-bitarsadressering med en statisk LSB. Se även datablad: <http://www.futurlec.com/0thers/ISD2560P.shtml>

## 4.2 DS18S20

Den temperatursensor som används är Maxim DS18S20, som ger temperaturmodulen möjlighet att läsa av temperaturen med nio (9) bitars upplösning. Sensorerna som används i detta system drivs av en extern spänningskälla på +5V, och kommunicerar seriellt över en entrådsbuss. Seriekommunikationen baseras på att bus-mastern initierar skriv- och läs-luckor. Mellan varje skriv- eller läslucka finns en kort återhämtningsperiod. Temperatursensorn initieras genom att mastern driver bussen låg, vilket följs av att temperatursensorkretsen driver för att signalera närvaro. 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 del av skrivluckan och sedan släpper bussen under resten av skrivluckans längd.

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. DS18S20-kretsen svarar på den allokerade läs-luckan och överför etta eller nolla. Mastern kan då sampla bussen för att läsa av vad DS18S20-kretsen skickat. All data som skickas från temperatursensorn skickas som LSB-först och i 2-komplementsform. För exakta tidskrav, se datablad: <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS18S20.pdf>

### 4.3 MT8880C

Avkodning av uppringandes DTMF-signaler avkodas med hjälp av MT8880C från Mitel. Telefonsignalen kopplas direkt in till DTMF-överföraren enligt specifikation för standardsuppkoppling i datablad. Endast avkodningsfunktionen på kretsen används. Databuss, R/W-signal, IRQ och  $\Phi 2$  är anslutna till kontrollenheten. CS (Chip Select) är satt konstant låg då denna krets använder bussen exklusivt. Före initiering skickas manuellt en initieringspuls till kretsen minst 100ms efter spänningspåslag. Detaljer om initieringscykeln finns i databladet för MT8880C: <http://www.cse.chalmers.se/edu/year/2010/course/EDA234/datablad/mt8880.pdf>

## 5 Tillståndsmaskiner

### 5.1 Styrenhet

Se figur ??

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

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

**Viloläge (tillstånd 0):**

0: Inväntar samtal

**Temperaturuppläsning (tillstånd 1-5):**

3: Läser upp ljud "Temperaturen inne är"

4: Läser upp innetemperatur

3: Läser upp ljud "Temperaturen ute är"

4: Läser upp utetemperatur

5: Läser upp ljud "Funktionskommandotilldelning"

**Kommando (tillstånd 6):**

6: Inväntar funktionskommando eller avslutat samtal

**Funktionstilldelning (Tillstånd 7-11):**

7: Uppdatera/läs upp funktionsstatus för funktion 1

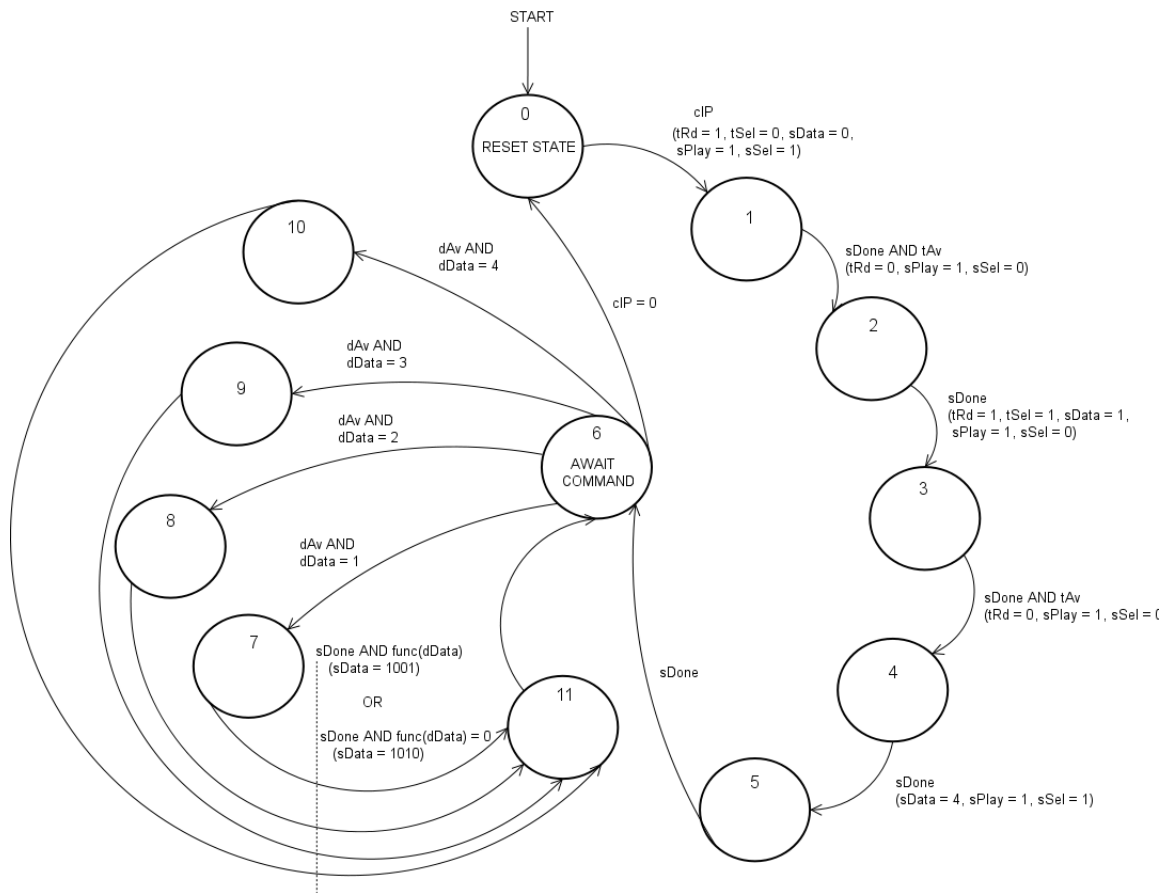
8: Uppdatera/läs upp funktionsstatus för funktion 2

9: Uppdatera/läs upp funktionsstatus för funktion 3

10: Uppdatera/läs upp funktionsstatus för funktion 4

11: Läs upp funktionsstatus "till/från"





Figur 5: State machine-diagram för styrenhet

## 5.2 Temperaturmodul

Se figur 6 och förklaring i figur 5

**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  $t_{Rd} = 1$  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: Vägsälstillstånd. Om fler kommandon kvar 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

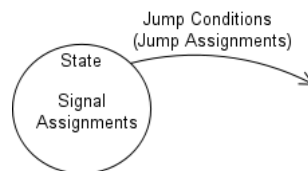
11: Mastern väntar ytterligare 4 us för att pull-up-motståndet ska få verka

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

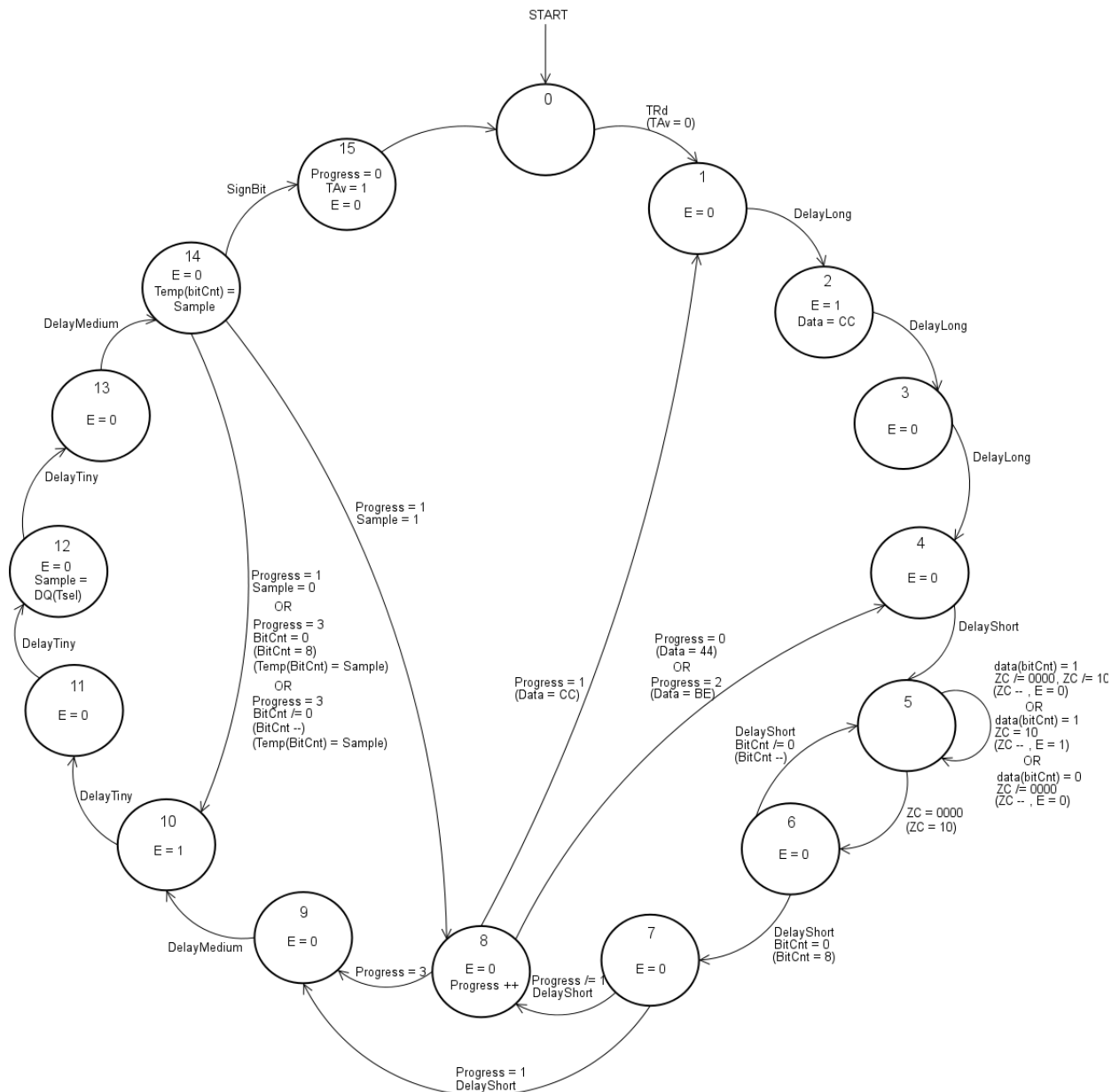
13: Återhämtningstillstånd mellan samplingar

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

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



Figur 6: Förklaring till state machine-diagram



Figur 7: Detaljerat state machine-diagram för temperaturläscykel

### 5.3 DTMF-Modul

Se figur 7.

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

**Grundvärden:** Utgångspunkten är att alla signaler är satta till 0 om inget annat anges.

**Viloläge (tillstånd 0):**

0: Viloläge och återställningspunkt. inväntar sigInit **Initialisering (tillstånd 1-20):**

1-3: Läs statusregister

4-6: Skriver 0000 till kontrollregister A

7-8: Skriver 0000 till kontrollregister A

9-11: Skriver 1000 till kontrollregister A

12-14: Skriver 0000 till kontrollregister B

15-17: Läser statusregister

18-20: Intialisering av Chip-interface

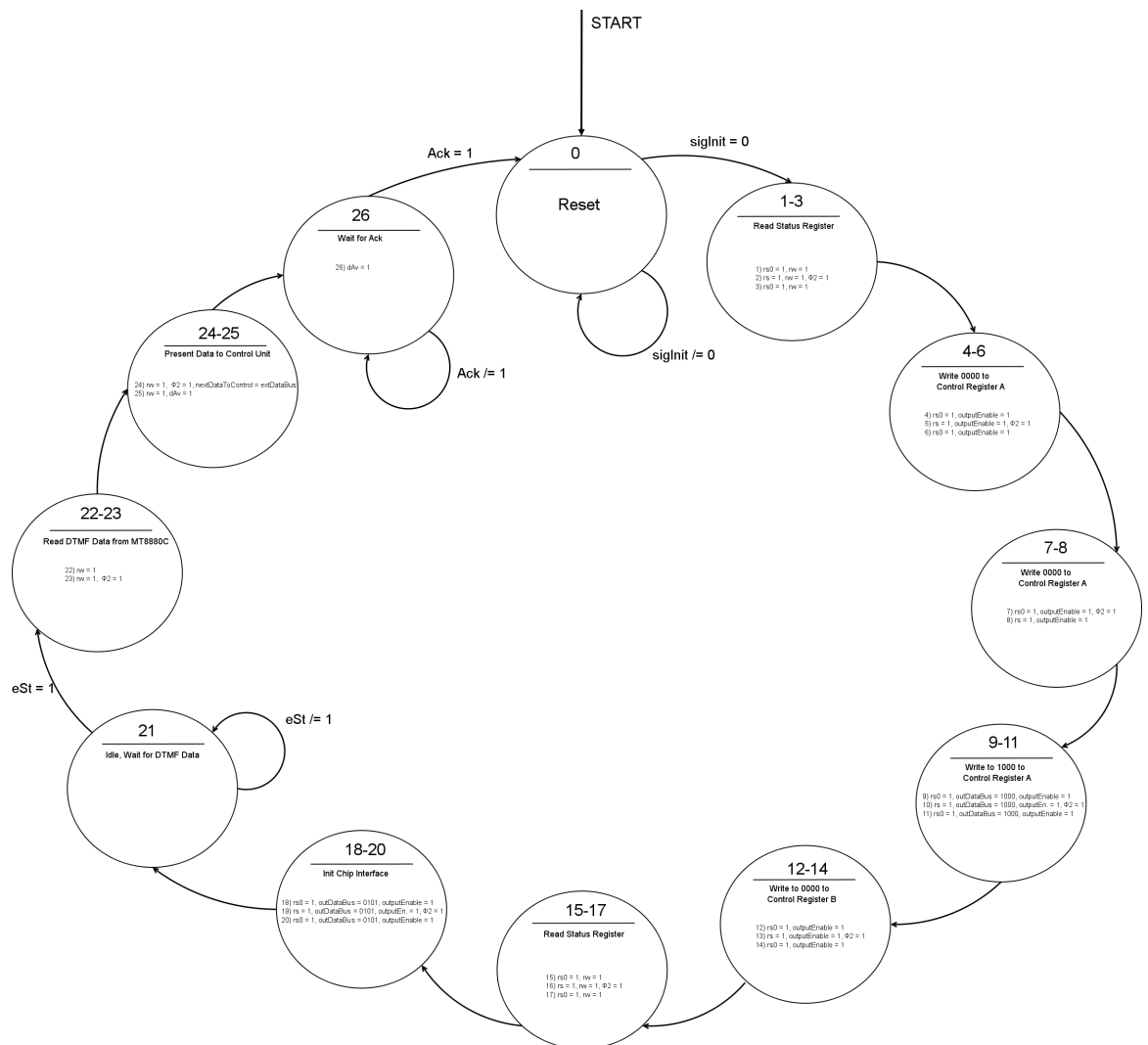
**Läsning (Tillstånd 21-26):**

21: Viloläge, inväntar giltig data från MT8880C

22-23: Läs data från MT8880C

24-25: Lägg ut data på intern databuss och signalera giltig data

26: Inväntar bekräftelsesignal från styrenhet



Figur 8: Förenklat state machine-diagram för DTMF-Modul

## 5.4 Ljudmodul

## 6 Felanalys

Då systemet hanterar avläsning av temperaturer och endast klarar ett begränsat temperaturintervall görs här en felanalys. För de tillämpningsområden systemet är konstruerat för (hemanvändare) är mätfelet dock för små för att ha betydelse.

Temperatursensorerna arbetar med en temperaturupplösning på  $0.5^{\circ}\text{C}$ , exaktheten på  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  gäller i intervallet  $-10^{\circ}\text{C}$  till  $+85^{\circ}\text{C}$ . Systemet arbetar med ett temperaturspann på  $\pm 32^{\circ}\text{C}$ , allt utanför intervallet represen-

teraz som maxtemperaturen.

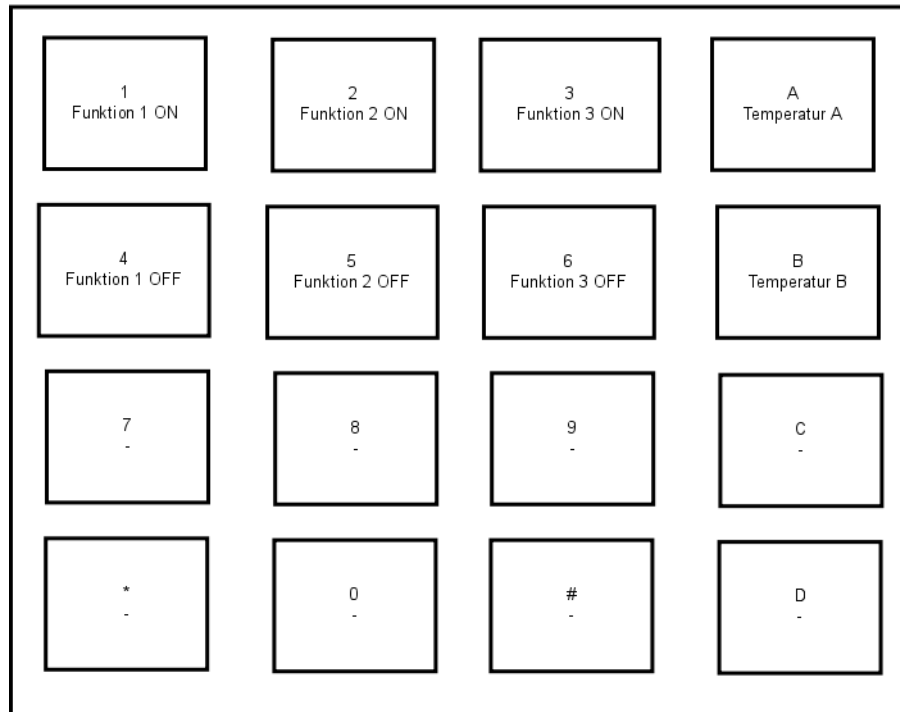
# Appendix

## A Användarmanual och Gränssnitt

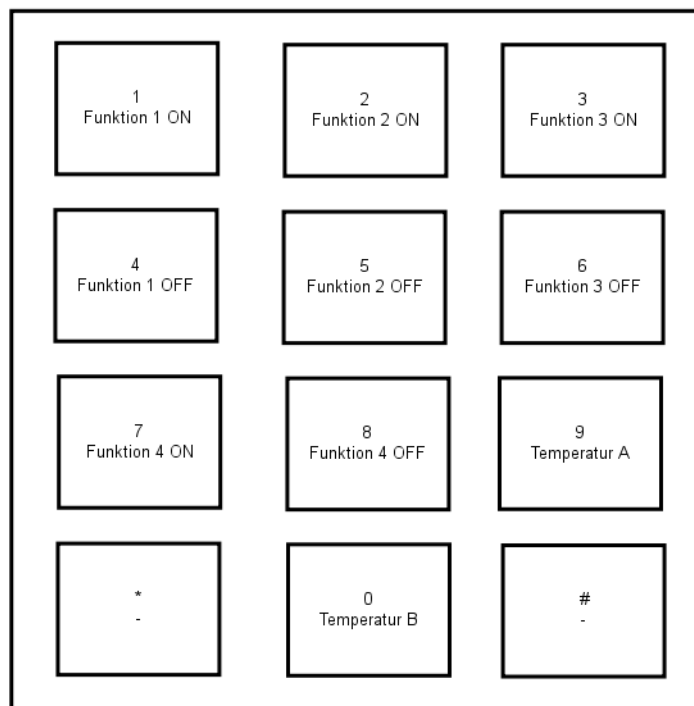
För att använda systemet, koppla in det till en spänningskälla (+5V) och till en telefonlinje. När systemet är startat ska det startas om (Röd tryckknapp) och sedan initieras (Svart tryckknapp). Efter detta är systemet redo att användas, och kommandon kan ges via telefon eller manuell knappsats. När som helst kan systemet startas om helt genom att igen trycka på den röda tryckknappen. Då systemet blir uppringt läses temperaturen upp, sedan kan kommandon ges från användaren enligt nedan:

Knappsats		Telefon	
Knapp	Funktion	Knapp	Funktion
1	Funktion 1 TILL	1	Funktion 1 TILL
2	Funktion 2 TILL	2	Funktion 2 TILL
3	Funktion 3 TILL	3	Funktion 3 TILL
4	Funktion 1 FRÅN	4	Funktion 1 FRÅN
5	Funktion 2 FRÅN	5	Funktion 2 FRÅN
6	Funktion 3 FRÅN	6	Funktion 3 FRÅN
A	Visa Innetemperatur	9	Visa Innetemperatur
B	Visa Utetemperatur	0	Visa Utetemperatur

## KNAPPSATS



## TELEFONKNAPPAR

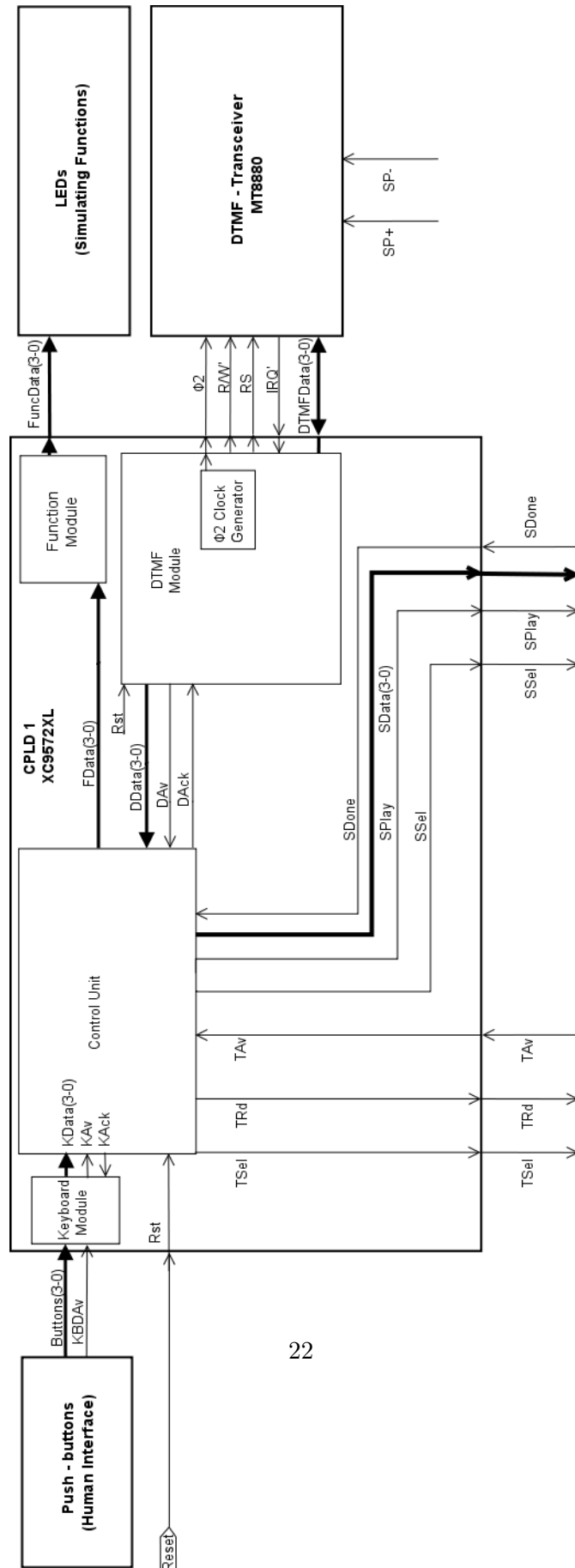


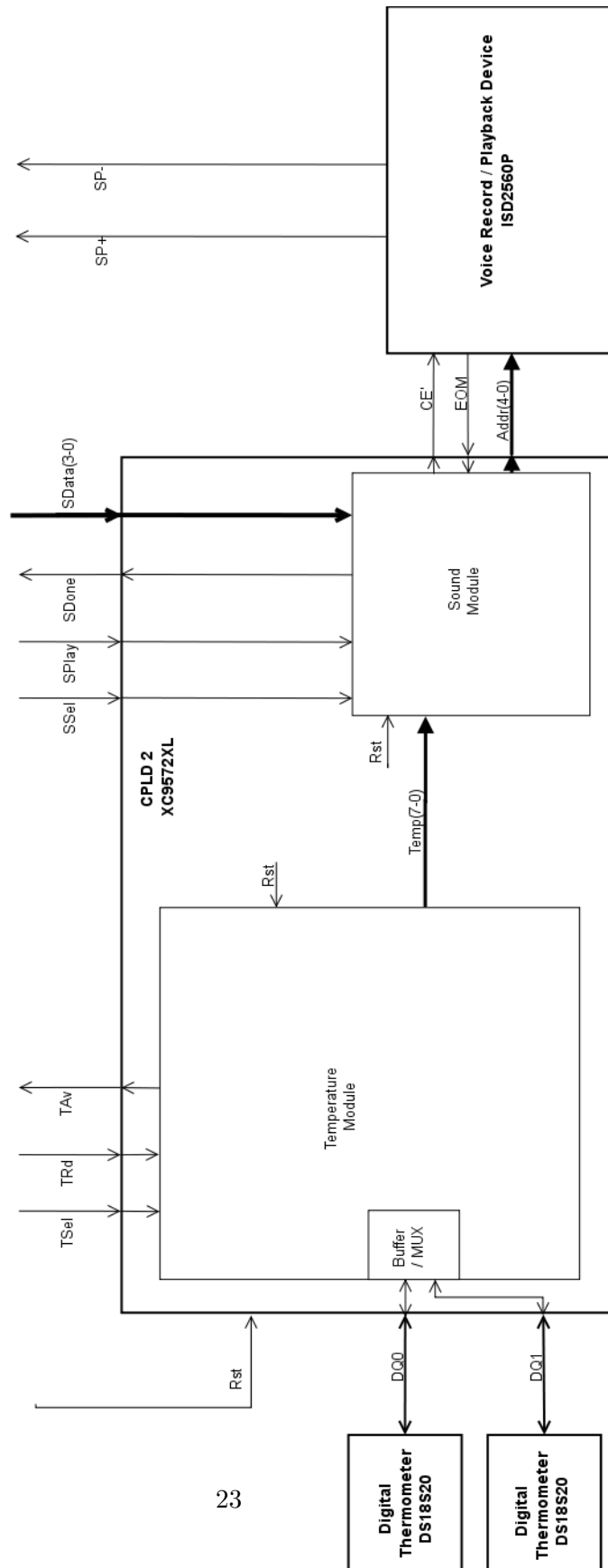
Figur 9: Knapplayout, Knappsats resp. Telefon





## B Blockschema





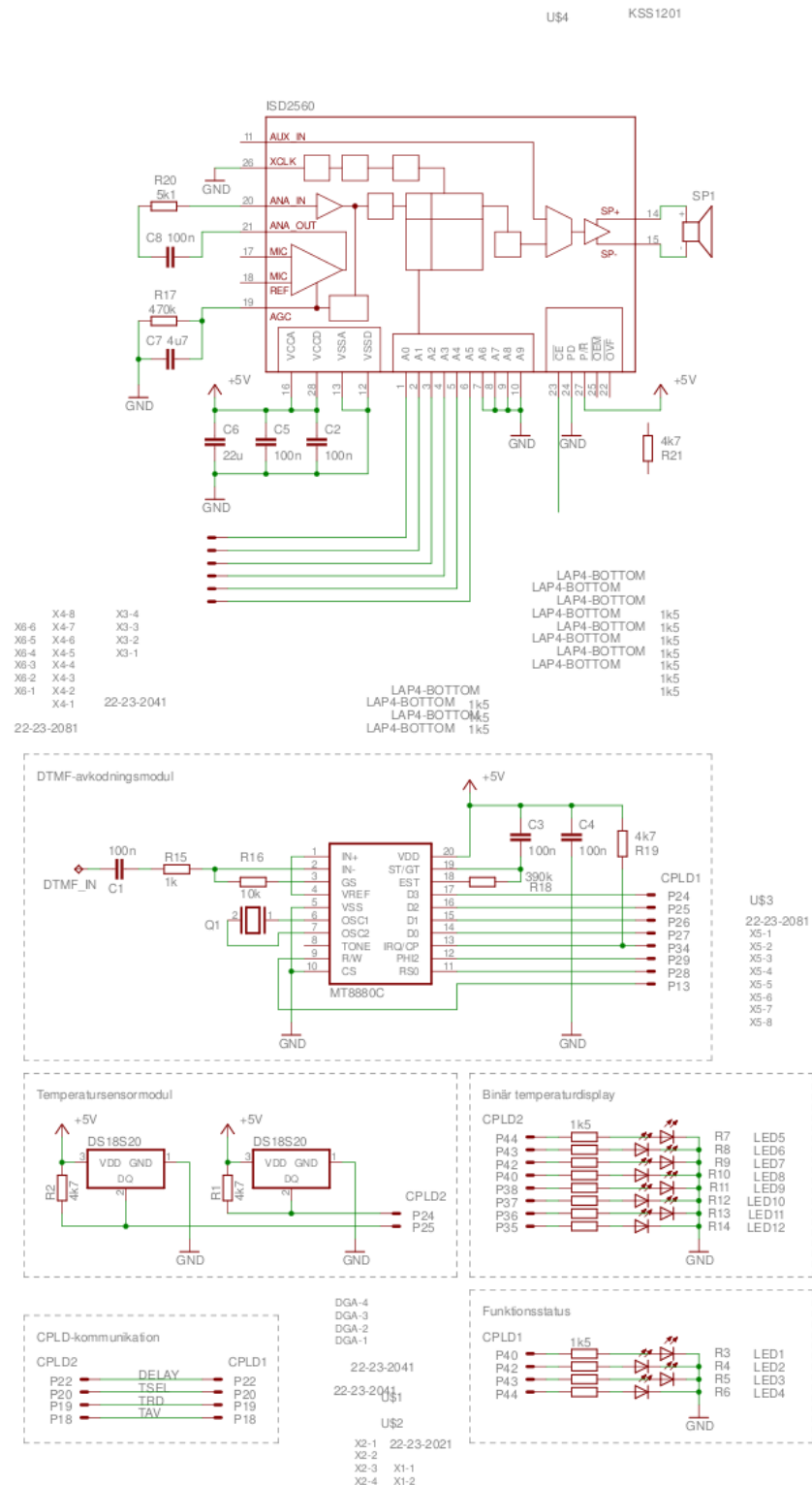
Figur 11: Blockschema (CPLD2)

## C Komponentlista

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

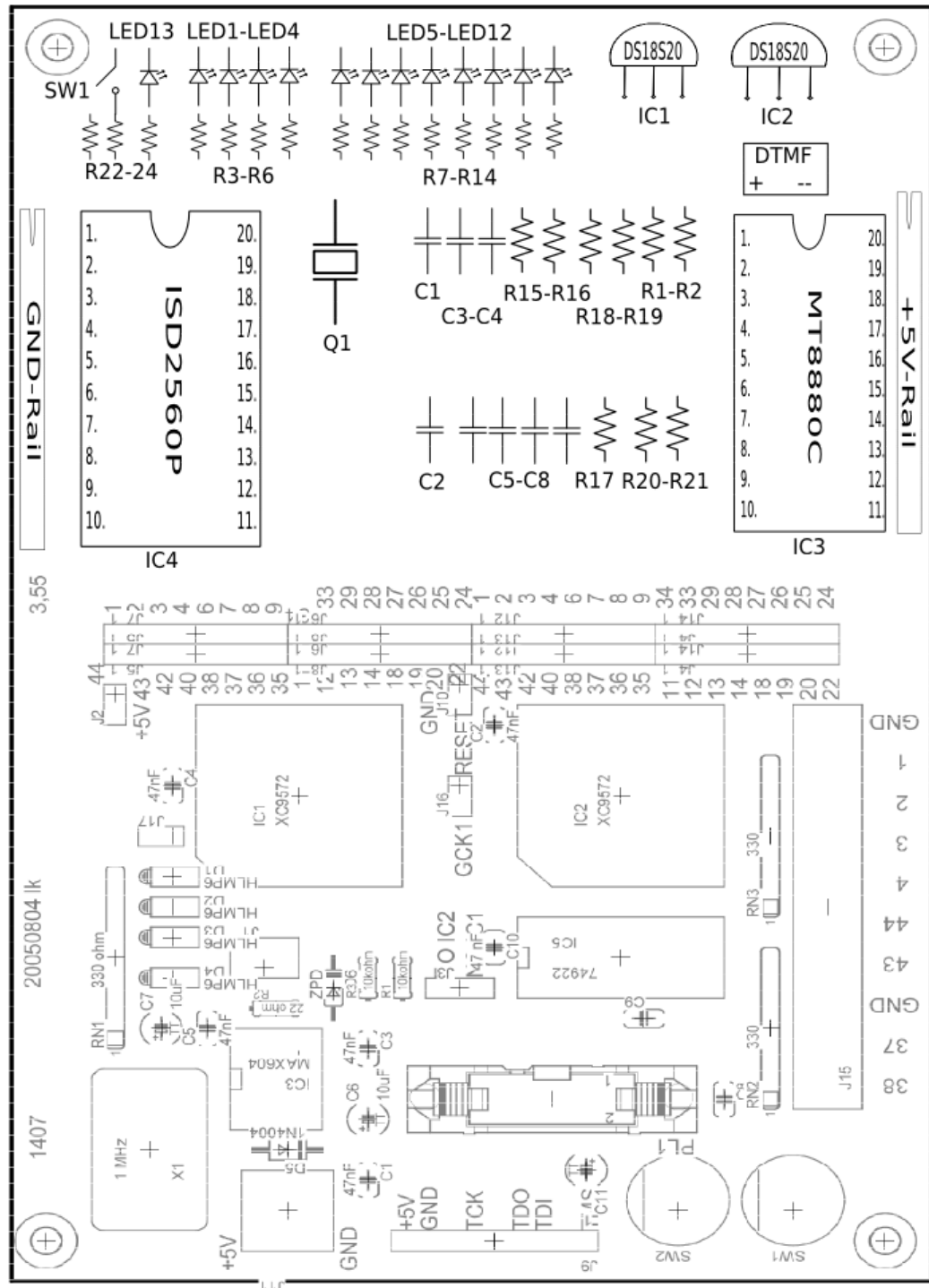


## D Kretsschema





## E Kretskortslayout



Figur 13: K128 kretskortslayout





## F Timingdiagram

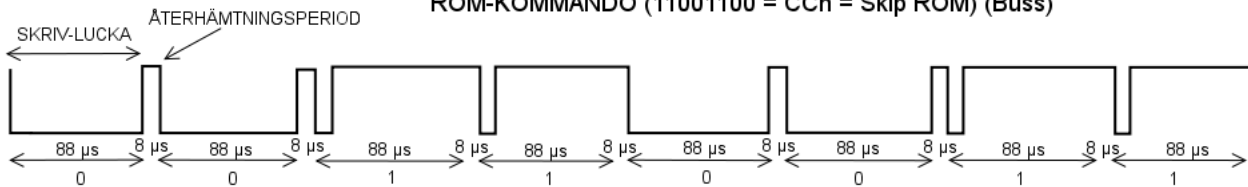
## INITIALISING (Buss)



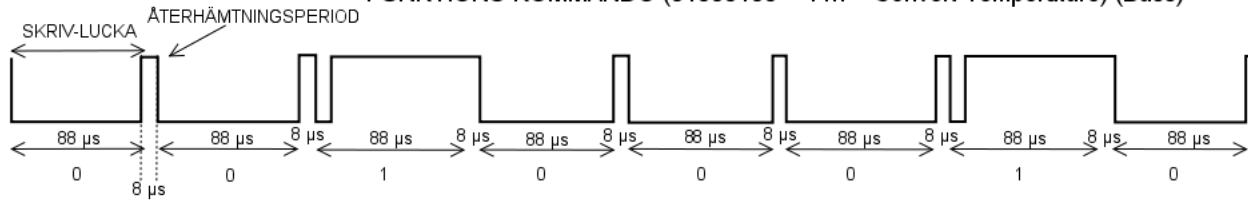
### INITIALISERING (End. Utdata från CPLD)



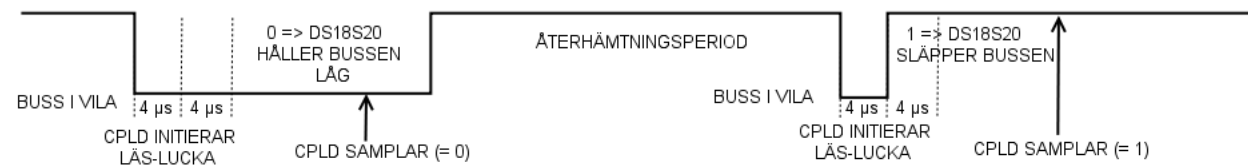
ROM-KOMMANDO (11001100 = CCh = Skip ROM) (Buss)



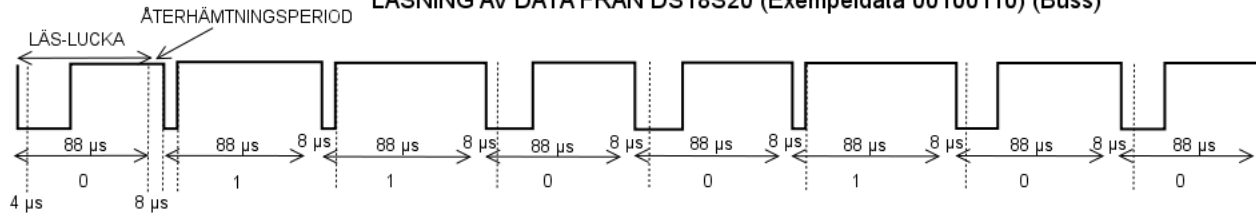
**FUNKTIONS-KOMMANDO (01000100 = 44h = Convert Temperature) (Buss)**



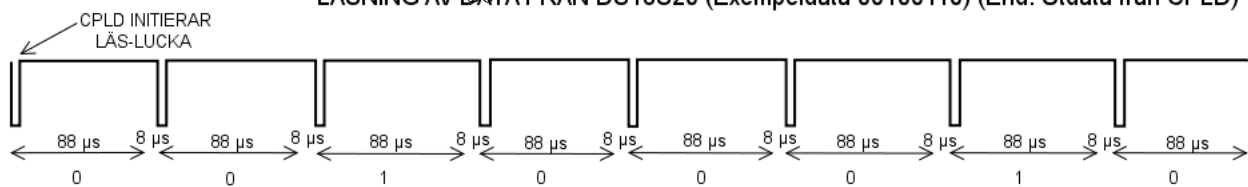
### LÄSNING AV BIT FRÅN DS18S20 (Två bitar, 0 & 1, detaljer) (Buss)



### LÄSNING AV DATA FRÅN DS18S20 (Exempeldata 00100110) (Buss)



LÄSNING AV DATA FRÅN DS18S20 (Exempeldata 00100110) (End. Utdata från CPLD)



## G 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.)
$\Phi 2$	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	signalerar 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
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

## H Arbetsfördelning

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

## I Programlistningar