

0.1 Beskrivning av delblocken

0.1.1 Temperatur

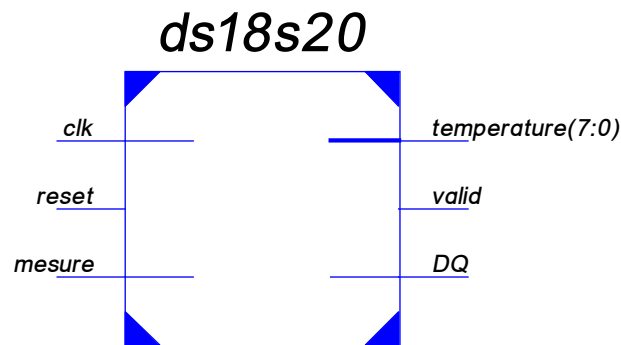
Logiken för avläsning av temperatur är uppdelad i ett antal delblock. Dels för att vara lättöverskådligt, men även så att man lätt ska kunna lägga till funktionalitet i efterhand. Slut användaren använder endast DS18S20 direkt. Onewire modulen är inte bunden till just DS12S20, utan kan även användas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

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 en *fixed point signed integer* 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 0.1: Delblocket DS18S20

Implementation Själva logiken i sig består av en cirkulär tillståndsmaskin (Figure 0.2). 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 0.1.1 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 bus-sen 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 bus-sen skippas identifiering.
T _x	0xBE	Read scratchpad command. Läser sensorns interna minne.
R _x	<1 byte>	Läser första byten vilket är temperaturen.

Tabell 0.1: Kontrollsekvens för mätning och avläsning av temperatur

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'**.

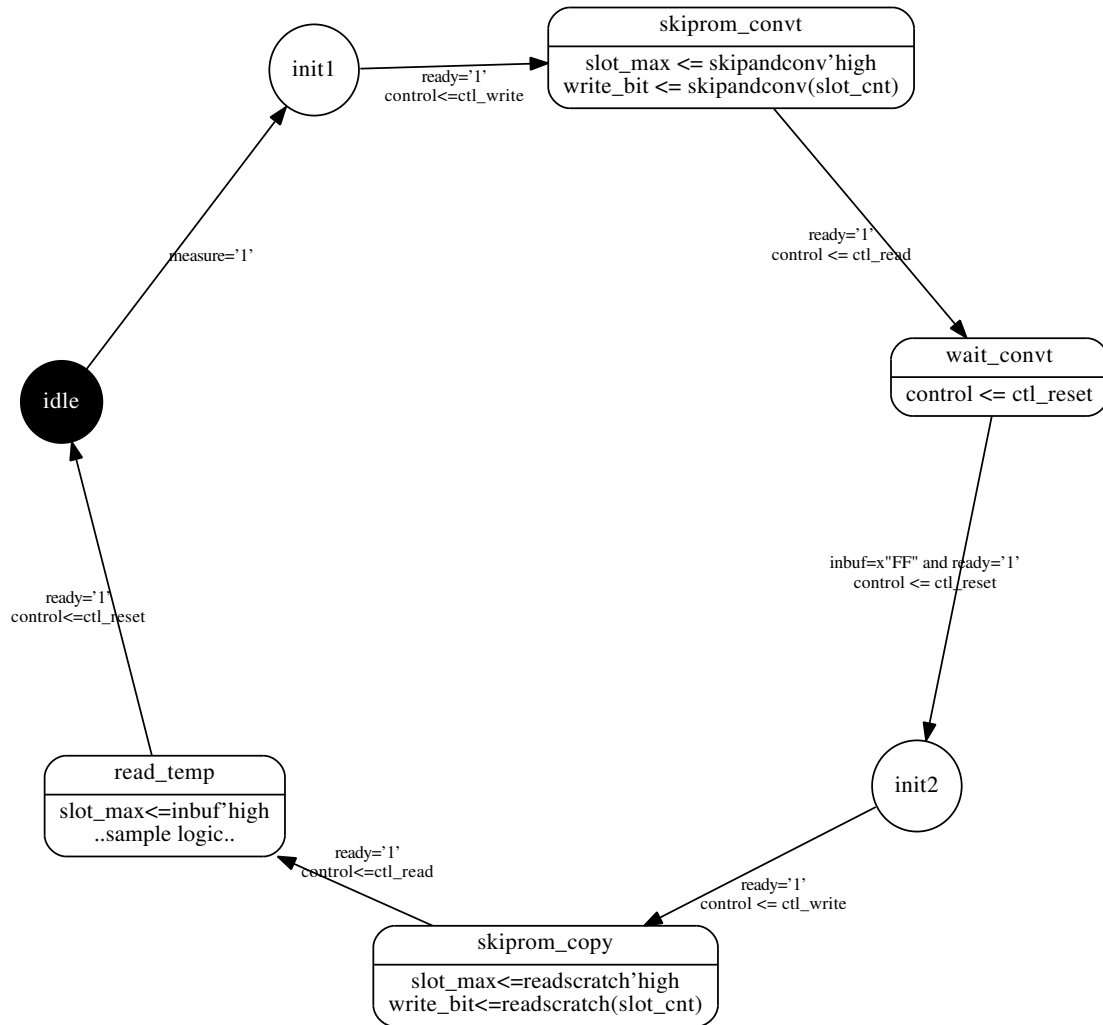
ctl_read Läs **slot_max** antal bitar från sensorn. **slot_cnt** är en räknare som indikerar vilken bit som läses just nu. När **sample_now**=**'1'** Förväntas användaren spara biten som under den klockcykeln finns på **read_bit**. När alla bitar är lästa kommer **ready** sättas till **'1'**.

Exempel:

```
if rising_edge(clk) then
    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:



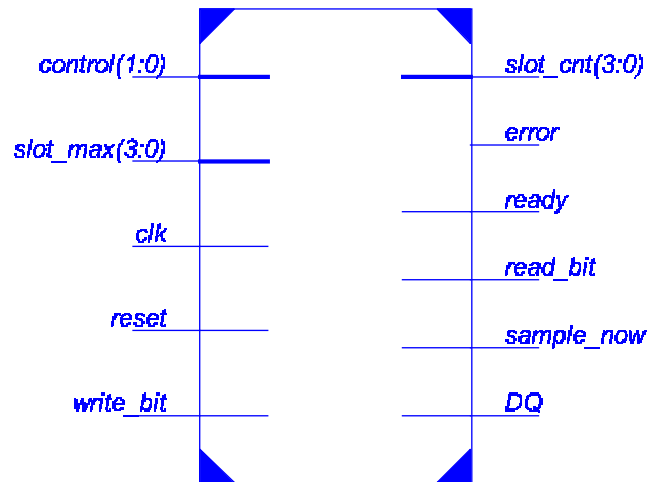
Figur 0.2: Tillståndsmaskin för delblocket DS18S20

```
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.

onewire_proto

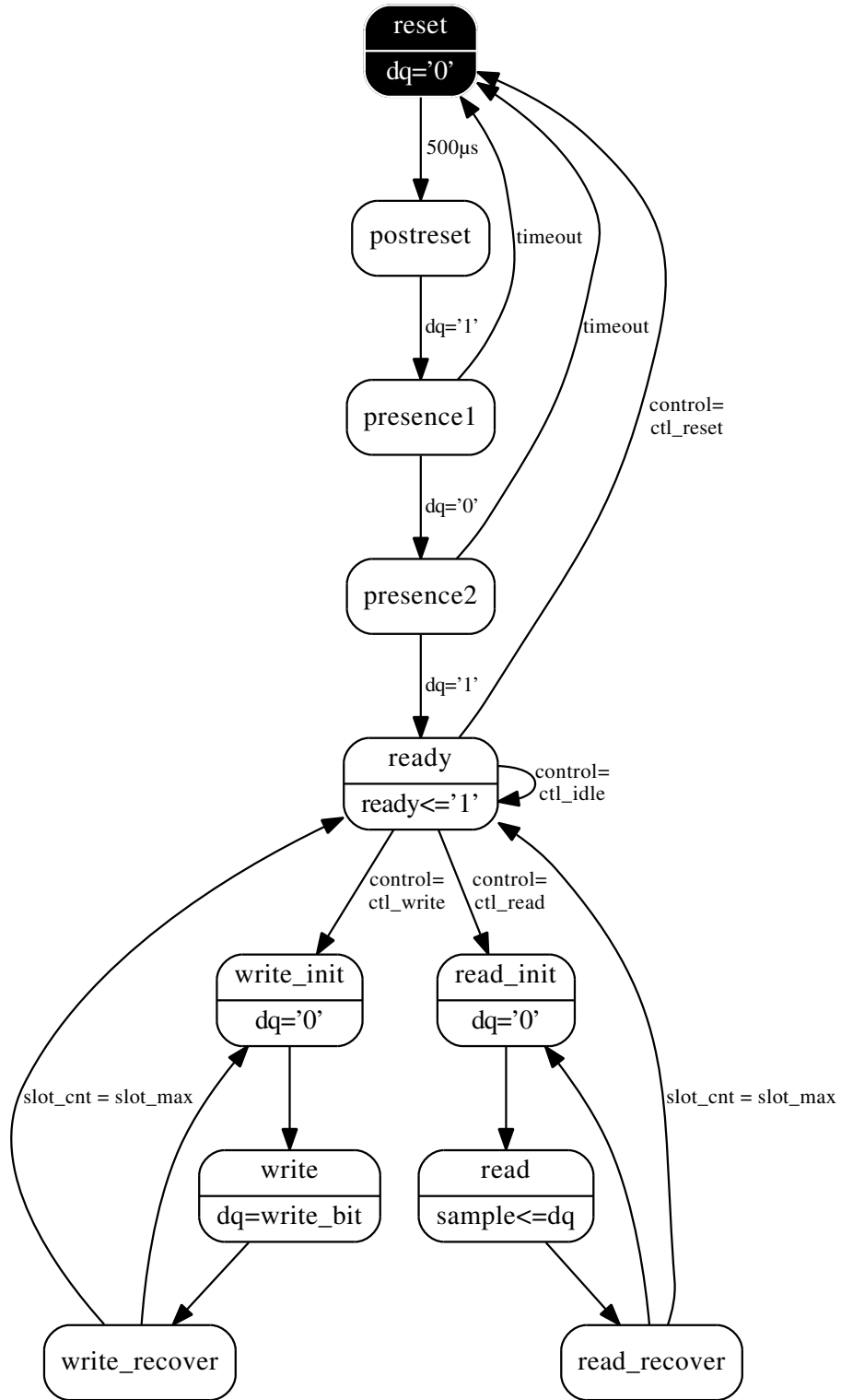


Figur 0.3: Delblocket onewire

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 5K Ω pullup 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} .

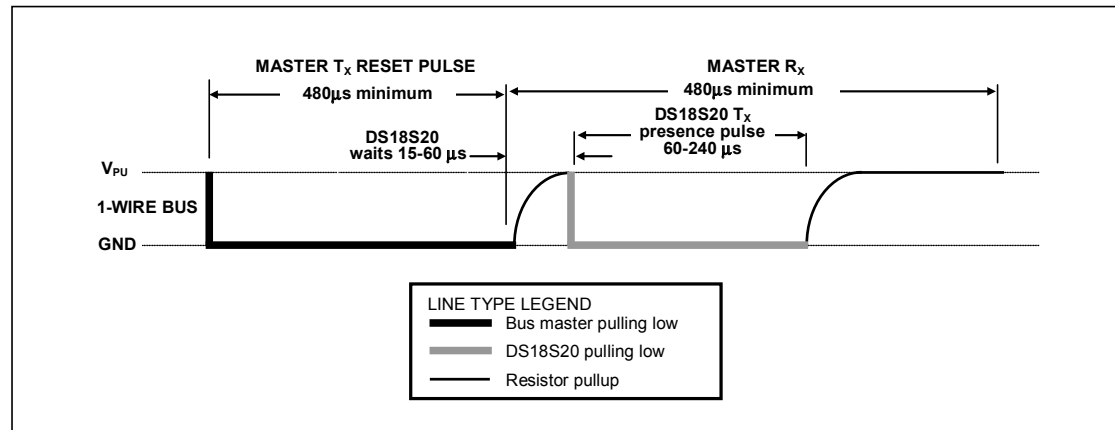
Kontrollen är uppbyggd av en tillståndsmaskin, se Figure 0.4. VHDL koden är uppbyggd efter tvåprocessmodellen, med en klockad och en kombinatorisk process.



Figur 0.4: Tillståndsmaskin för delblocket onewire

Reset Resetfasen korresponderar till *reset* → *postreset* → *presence1* → *presence2* → *ready* i onewires tillståndsmaskin (Figure 0.4).

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 0.5. 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 0.5: Timings för 1-wire resetsekvens

Skrivning med write slots Skrivfasen korresponderar till *ready* → *write_init* → *write* → *write_recover* i onewires tillståndsmaskin (Figure 0.4).

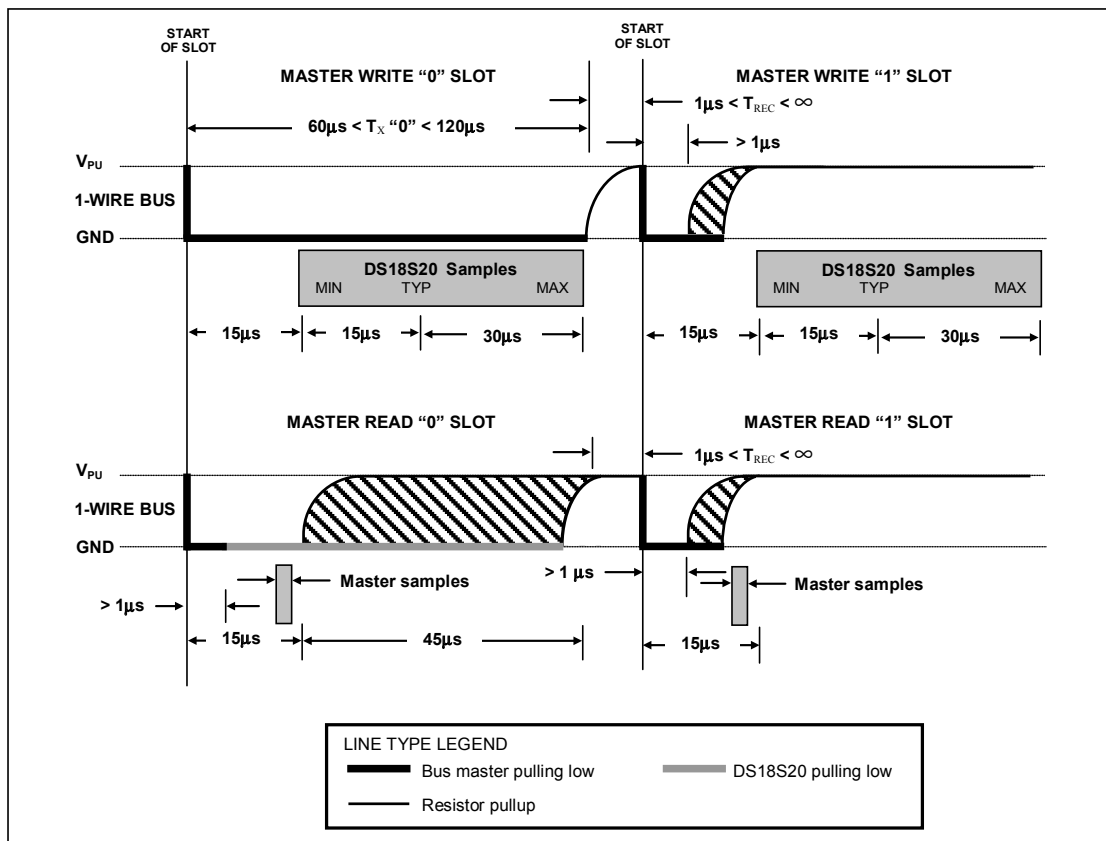
För att påbörja en skrivning sätts **control** till **ctl_write** när **ready**='1'. **slot_max** bitar kommer då skrivas till sensorn. 1-wire protokollet använder *write slots* för att skriva bitar till sensorn. Flera bitar skrivs genom flera efterföljande write slots.

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 0.6.

Läsning med read slots Läsfasen korresponderar till *ready* → *read_init* → *read* → *read_recover* i onewires tillståndsmaskin (Figure 0.4).

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



Figur 0.6: Write och read slots timings för '0' respektive '1'.

DQ gått från '1' → '0' lägga ut '1' eller '0' på DQ. Data är giltig upp till $15\mu s$ efter det att master initierar read slot. Se Figure 0.6.

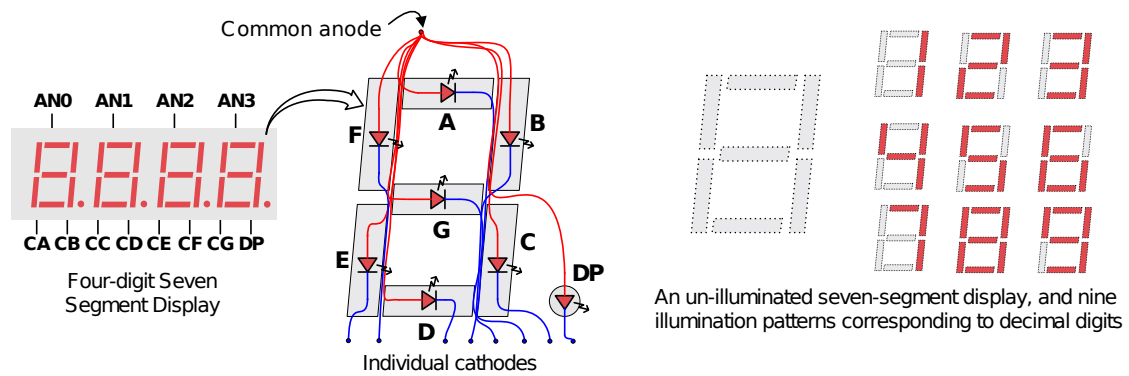
0.1.2 7 Segments display

segment_temperature

bcd

0.1.3 Gemensamt

timer



Figur 0.7: 7-segments display

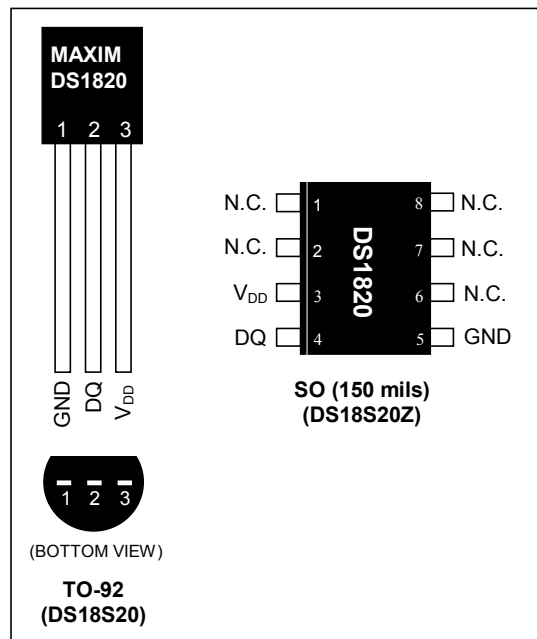
0.2 Hårdvara

0.2.1 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 icka-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 0.8: Dallas DS18S20