

## 第二节 单总线智能温度传感器的原理与应用

集成式数字温度传感器 DS1820 利用单总线的特点可以方便地实现多点温度的测量，它的出现开辟了温度传感器技术的新领域。而可组网数字式温度传感器 DS18B20 则是 DS1820 的更新产品，它在电压、特性及封装方面都具有优势，让用户可以更方便地构建适合自己的测温系统。DS18B20 充分利用了单总线的独特特点，可以轻松组建传感器网络，提高系统的抗干扰性，使系统设计更灵活、方便，而且适合于在恶劣的环境下进行现场温度测量。

### 一、DS18B20 型智能温度传感器的工作原理

#### (一) DS18B20 基本知识及管脚

DS18B20 数字温度计是 DALLAS 公司生产的 1-Wire，即单总线器件，具有线路简单、

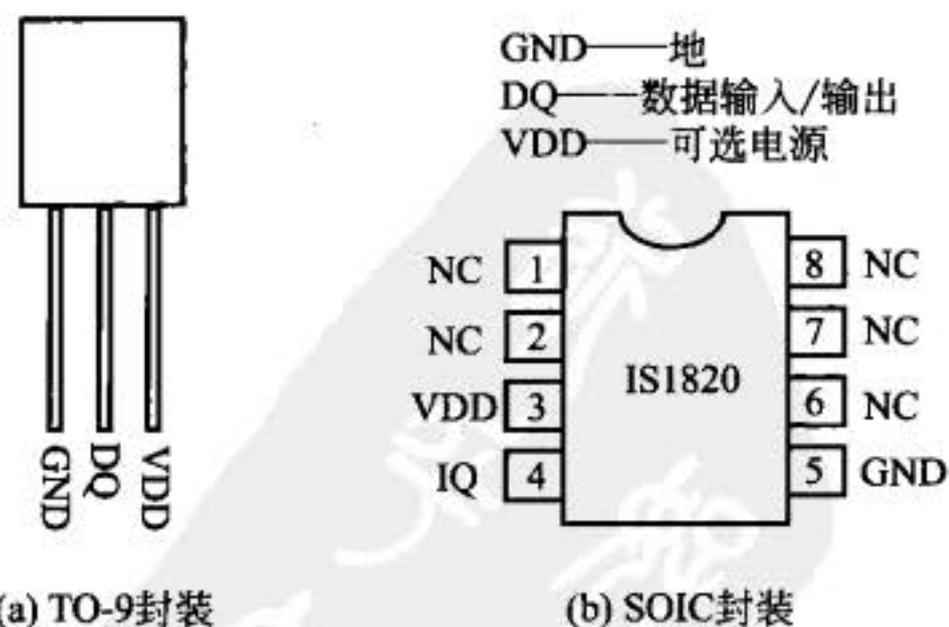


图 5-5 DS18B20 的引脚排列

体积小的特点。因此用它来组成一个测温系统，线路简单，在一根通信线上，可以挂很多这样的数字温度计，十分方便。DS18B20 是美国 DALLAS 公司新推出的一种可组网数字式温度传感器，与 DS1820 相似，DS18B20 也能够直接读取被测物体的温度值。但是与 DS1820 相比，DS18B20 的功能更强大些。它体积小，电压适用范围宽（3~5V），用户还可以通过编程实现 9~12 位的温度读数，即具有可调的温度分辨

率，因此它的实用性和可靠性比同类产品更高。另外，DS18B20 有多种封装可选，如 TO-92、SOIC 及 CSP 封装。图 5-5 即为 DS18B20 的引脚排列图。其引脚功能见表 5-1。

表 5-1 DS18B20 详细引脚功能

序号	名称	引脚功能描述
1	GND	地信号
2	DQ	数据输入/输出引脚,开漏单总线接口引脚。当被用在寄生电源下,也可以向器件提供电源
3	VDD	可选择的 VDD 引脚。当工作于寄生电源时,此引脚必须接地

## (二) DS18B20 内部结构

DS18B20 内部结构如图 5-6 所示，主要由 4 部分组成：温度传感器、64 位 ROM、非挥发的温度报警触发器 TH 和 TL、配置寄存器。由图 5-6 可见，DS18B20 只有一个数据输入/输出口，属于单总线专用芯片之一。DS18B20 工作时被测温度值直接以“单总线”的数字方式传输，大大提高了系统的抗干扰能力。其内部采用在线温度测量技术，测量范围为 55~125℃，在 -10~85℃ 时，精度为 ±0.5℃。每个 DS18B20 在出厂时都已具有唯一的 64 位序列号，因此一条总线上可以同时挂接多个 DS18B20，而不会出现混乱现象。另外用户还可自设定非易失性温度报警上下限值 TH 和 TL（掉电后依然保存）。DS18B20 在完成温度变换后，所测温度值将自动与存储在 TH 和 TL 内的触发值相比较，如果测温结果高于 TH 或低于 TL，DS18B20 内部的告警标志就会被置位，表示温值超出了测量范围，同时还有报警搜索命令识别出温度超限的 DS18B20。

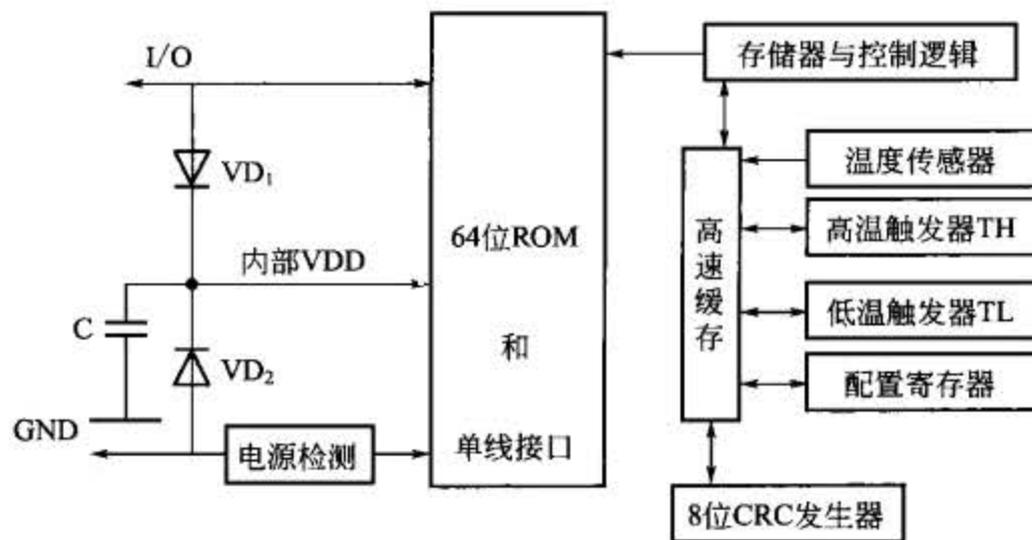


图 5-6 DS18B20 内部结构

① 64 位闪存 ROM 的结构如图 5-7 所示。

首先是 8 位的产品单线系列编码，接着是每个器件的唯一的序号，共有 48 位，最重要的 8 位是前面 56 位的 CRC 校验码（循环冗余校验码），这也是多个 DS18B20 可以采用一线进行通信的原因。

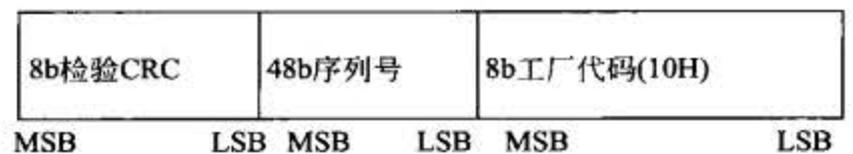


图 5-7 64 位 ROM 的结构

② 非易失性温度报警触发器 TH 和 TL，可通过软件写入用户报警上下限。

③ 高速暂存存储器。DS18B20 温度传感器的内部存储器包括一个高速暂存 RAM 和一个非易失性的可电擦除的 (E2) RAM。后者用于存储 TH 和 TL 值。数据先写入 RAM，经

校验后再传给 (E2) RAM。而配置寄存器为高速暂存器中的第 5 个字节，它的内容用于确定温度值的数字转换分辨率，DS18B20 工作时按此寄存器中的分辨率将温度转换为相应精度的数值。该字节各位的定义如图 5-8 所示。低 5 位一直都是 1，TM 是测试模式位，用于设置 DS18B20 在工作模式还是在测试模式。在 DS18B20 出厂时该位被设置为 0，用户不要去改动，R1 和 R0 决定温度转换的精度位数，即用于设置分辨率，如表 5-2 所示 (DS18B20 出厂时被设置为 12 位)。

TM	R1	R0	1	1	1	1	1
----	----	----	---	---	---	---	---

图 5-8 配置寄存器

表 5-2 R1 和 R0 模式

R1	R0	温度分辨率	最大转换时间
0	0	9 位	93.75ms
0	1	10 位	187.5ms
1	0	11 位	375ms
1	1	12 位	750ms

如表 5-2 可见，设定的分辨率越高，所需要的温度数据转换时间就越长。因此，在实际应用中要在分辨率和转换时间之间权衡考虑。高速暂存存储器除了配置寄存器外，还有其他 8 个字节，其分配如图 5-9 所示。其中温度信息 (第 1、2 字节)，TH 和 TL 值第 3、4 字节，第 6~8 字节未用，表现为全逻辑 1；第 9 字节读出的是前面所有 8 个字节的 CRC 码，可用来保证通信正确。

温度低位	温度高位	TH	TL	配置	保留	保留	保留	8位CRC
LSB								MSB

图 5-9 高速暂存存储器

当 DS18B20 接收到温度转换命令后，开始启动转换。转换完成后的温度值就以 16 位带符号扩展的二进制补码形式存储在高速暂存存储器的第 1、2 字节。单片机可通过单线接口读到该数据，读取时高位在后、低位在前，数据格式以 0.0625℃/LSB 形式表示。温度值格式如图 5-10 所示。符号位 S=0 时，直接将二进制位转换为十进制；当 S=1 时，先将补码变换为原码，再计算十进制值。表 5-3 是对应的一部分温度值。

$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$	$2^{-1}$	$2^{-2}$	$2^{-3}$	$2^{-4}$
S	S	S	S	S	$2^6$	$2^5$	$2^4$
MSB							LSB

图 5-10 温度数据格式

表 5-3 DS18B20 温度/数据对应关系

温度/℃	输出的二进制码	对应的十六进制码
125	0000 0111 1101 0000	07D0H
85	0000 0101 0101 0000	0550H

温度/℃	输出的二进制码	对应的十六进制码
25.0625	0000 0001 1001 0001	0191H
10.125	0000 0000 1010 0010	00A2H
0.5	0000 0000 0000 1000	0008H
0	0000 0000 0000 0000	0000H
-0.5	1111 1111 1111 1000	FFF8H
-10.125	1111 1111 0101 1110	FF5EH
-25.0625	1111 1110 0110 1111	FF6FH
-55	1111 1100 1001 0000	FC90H

DS18B20 完成温度转换后,就把测得的温度值与  $T_H$ 、 $T_L$  进行比较,若  $T > T_H$  或  $T < T_L$ ,则将该器件内的告警标志置位,并对主机发出的警告搜索命令作出响应。因此,可用多只 DS18B20 同时测量温度并进行告警搜索。

④ CRC 的产生。在 64 位 ROM 的最高有效字节中存储有循环冗余校验码 (CRC)。主机根据 ROM 的前 56 位来计算 CRC 值,并和存入 DS18B20 中的 CRC 值进行比较,以判断主机收到的 ROM 数据是否正确。

### (三) DS18B20 的测温原理

DS18B20 的内部测温电路框图如图 5-11 所示,图中低温度系数振荡器的振荡频率受温度的影响很小,用于产生固定频率的脉冲信号送给减法计数器 1,高温系数振荡器随温度变化其振荡频率明显改变,所产生的信号作为减法计数器 2 的脉冲输入。图中还隐含着计数门,当计数门打开时,DS18B20 就对低温度系数振荡器产生的时钟脉冲进行计数,进而完成温度测量。计数门的开启时间由高温系数振荡器来决定,每次测量前,首先将  $-55^\circ\text{C}$  所对应的基数分别置入减法计数器 1 和温度寄存器中,减法计数器 1 和温度寄存器被预置在  $-55^\circ\text{C}$  所对应的一个基数值。减法计数器 1 对低温度系数振荡器产生的脉冲信号进行减法计数,当减法计数器 1 的预置值减到 0 时温度寄存器的值将加 1,减法计数器 1 的预置将重新被装入,减法计数器 1 重新开始对低温度系数振荡器产生的脉冲信号进行计数,如此循环直到减法计数器 2 计数到 0 时,停止温度寄存器值的累加,此时温度寄存器中的数值即为所测温度。图 5-11 中的斜率累加器用于补偿和修正测温过程中的非线性,其输出用于修正减法计数器的预置值,只要计数门仍未关闭就重复上述过程,直至温度寄存器值达到被测温度值,这就是 DS18B20 的测温原理。

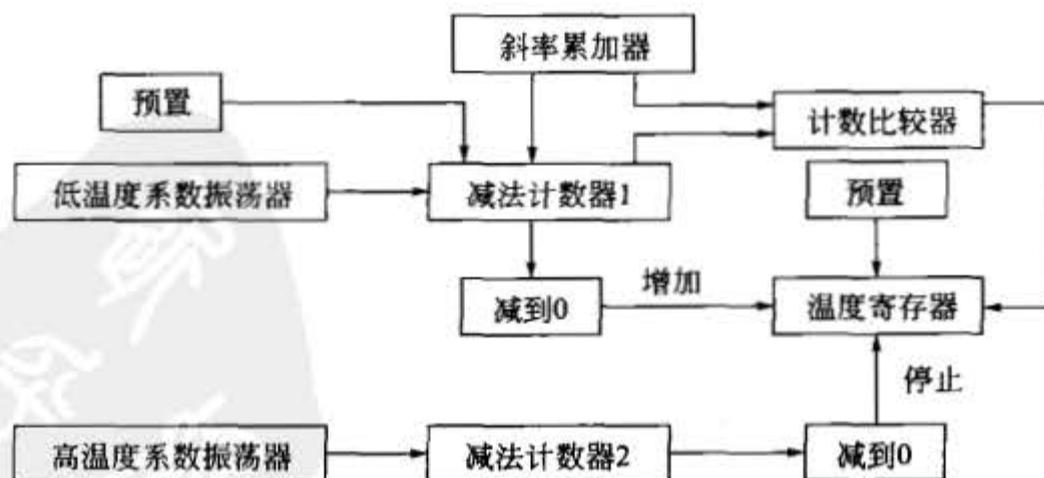


图 5-11 DS18B20 的内部测温电路框图

由于 DS18B20 是在一根 I/O 线上读写数据，因此，对读写的数据位有着严格的时序要求。DS18B20 有严格的通信协议来保证各位数据传输的正确性和完整性。该协议定义了几种信号的时序：初始化时序、读时序、写时序。所有时序都是将主机作为主设备，单总线器件作为从设备。而每一次命令和数据的传输都是从主机主动启动写时序开始，如果要求单总线器件回送数据，在进行写命令后，主机需启动读时序完成数据接收。数据和命令的传输都是低位在先。

### 1. DS18B20 的初始时序

DS18B20 的初始时间如图 5-12 所示。

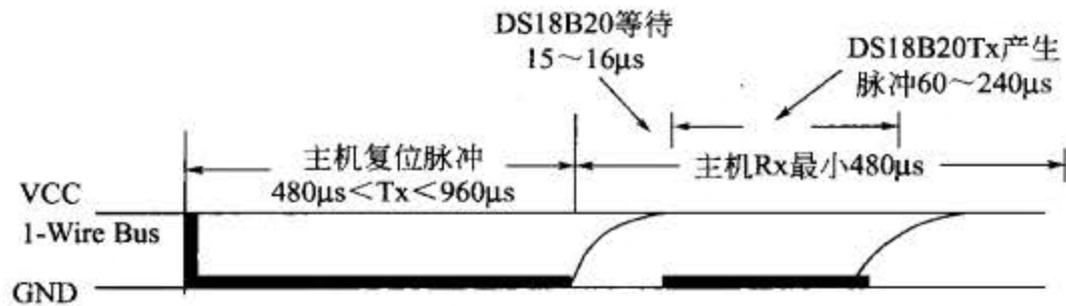


图 5-12 DS18B20 的初始时序

### 2. DS18B20 的读时序

对于 DS18B20 的读时序分为读 0 时序和读 1 时序两个过程，见图 5-13。

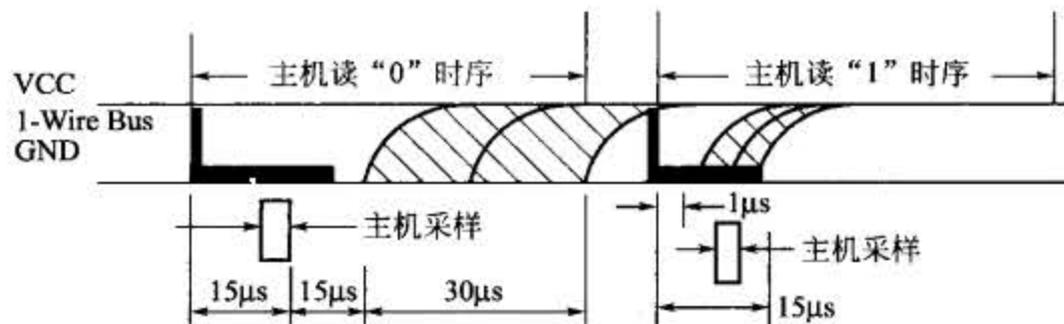


图 5-13 DS18B20 的读时序

对于 DS18B20 的读时序是从主机把单总线拉低之后，在  $15\mu\text{s}$  之内须释放单总线，以便 DS18B20 把数据传输到单总线上。DS18B20 在完成一个读时序过程，至少需要  $60\mu\text{s}$ 。

### 3. DS18B20 的写时序

对于 DS18B20 的写时序仍然分为写 0 时序和写 1 时序两个过程，见图 5-14。

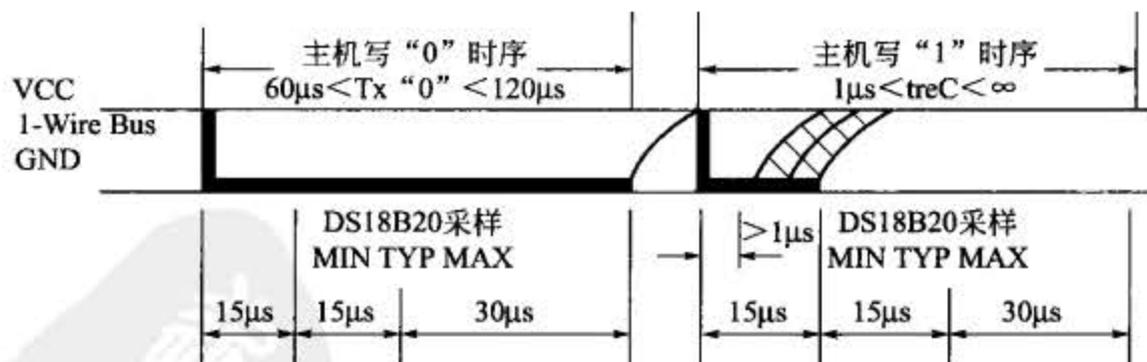


图 5-14 DS18B20 的写时序

对于 DS18B20 写 0 时序和写 1 时序的要求不同，当要写 0 时序时，单总线要被拉低至至少  $60\mu\text{s}$ ，保证 DS18B20 能够在  $15\sim 45\mu\text{s}$  之间正确地采集 I/O 总线上的“0”电平，当要写 1 时序时，单总线被拉低之后，在  $15\mu\text{s}$  之内须释放单总线。

## 二、基于 DS18B20 构成的单片机温控系统

DS18B20 的硬件连接（以 51 单片机为例），DS18B20 与单片机的接口极其简单，只需将 DS18B20 的信号线与单片机的一位双向端口相连即可。如图 5-15(a) 所示。此时应注意将 VDD、DQ、GND 三线焊接牢固。另外也可用两个端口，即接收口与发送口分开，这样读写操作就分开了，不会出现信号竞争的问题。如图 5-15(b) 所示，此图是采用寄生电源方式，将 DS18B20 的 VDD 与 GND 接在一起。如若 VDD 脱开未接好，传感器将只送 85.0℃ 的温度值。一般测温电缆线采用屏蔽 4 芯双绞线，其中一对接地线与信号线，另一对接 VDD 和地线，屏蔽层在源端单点接地。

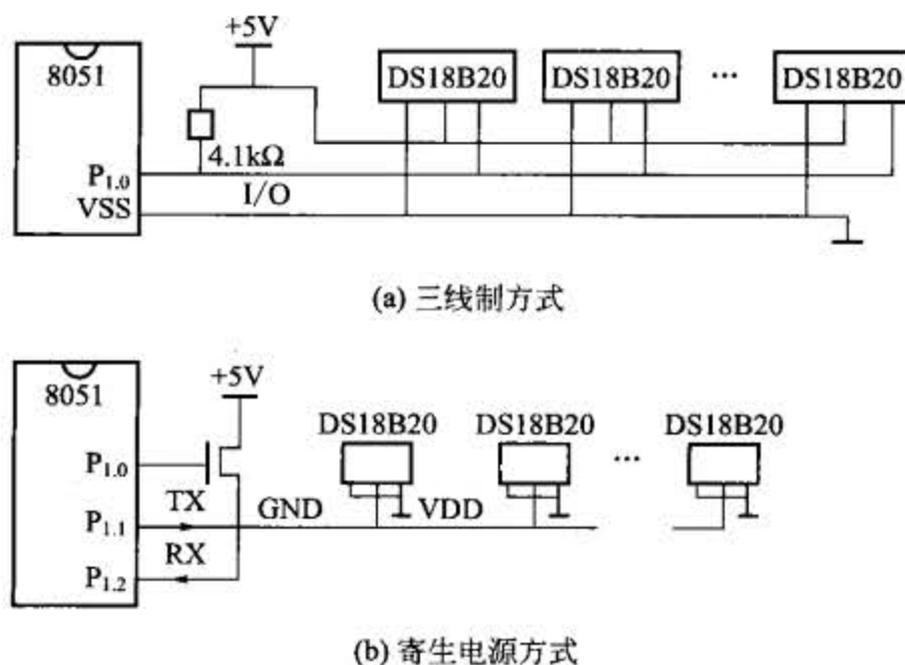


图 5-15 DS18B20 与单片机的接口

DS18B20 的工作遵循严格的单总线协议。主机首先发一个复位脉冲，使信号线上所有的 DS18B20 芯片都被复位，接着发送 ROM 操作命令，使序列号编码匹配的 DS18B20 被激活，准备接收下面的内存访问命令。内存访问命令控制选中的 DS18B20 的工作状态，完成整个温度转换、读取等工作（单总线在 ROM 命令发送之前存储命令和控制命令不起作用）。其工作流程图如图 5-16 所示。对 DS18B20 进行操作的整个过程中，主要包括三个关键过程：主机搜索 DS18B20 序列号、启动在线 DS18B20 作温度转换、读取在线 DS18B20 温度值。其中主机启动温度转换并读取温度值的流程图如图 5-17 所示。主机控制 DS18B20 完成温度转换必须经过三个步骤：初始化、ROM 操作指令、存储器操作指令。必须先启动 DS18B20 开始转换，再读出温度转换值。假设一线仅挂接一个芯片，使用默认的 12 位转换精度，外接供电电源，可写出完成一次转换并读取温度值子程序 GETWD。

```

GETWD: LCALLINIT
      MOVA, #0CCH
      LCALLWRITE           ; 发跳过 ROM 命令
      MOVA, #44H
      LCALLWRITE           ; 发启动转换命令
      LCALLINIT
      MOVA, #0CCH
      LCALLWRITE
    
```

```

MOVA, #0BEH
LCALLWRITE
LCALLREAD
MOVWDL5B, A
LCALLREAD
MOVWDM5B, A
RET...

```

; 发读存储器命令

; 温度值低位字节送 WDL5B

; 温度值高位字节送 WDM5B

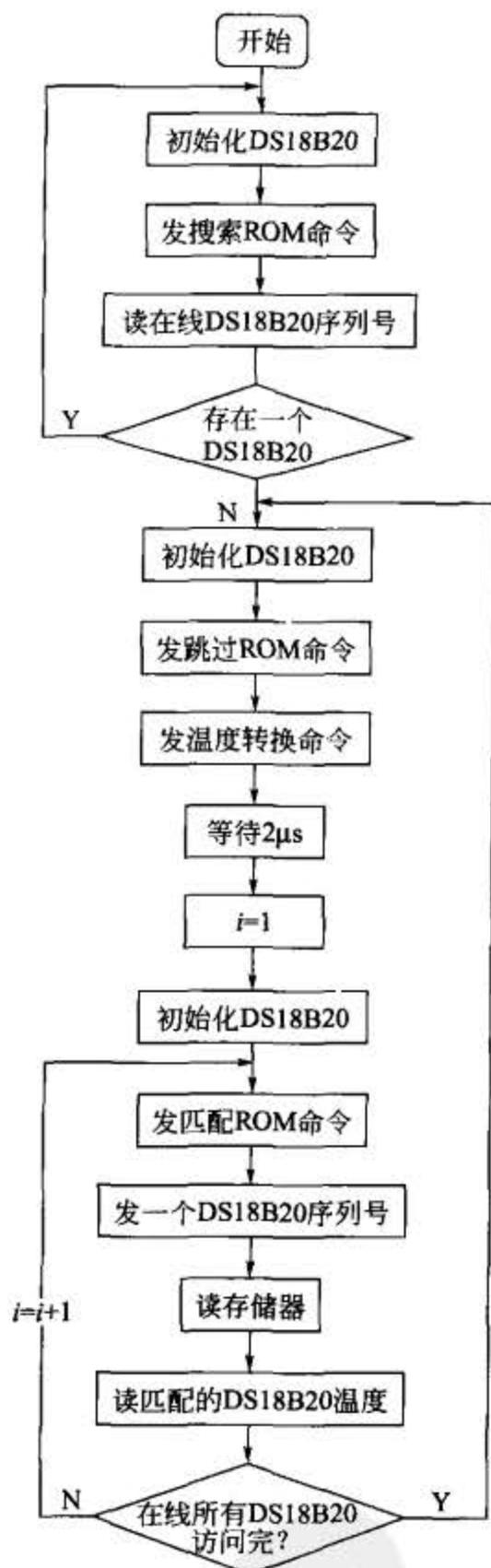


图 5-16 工作流程图

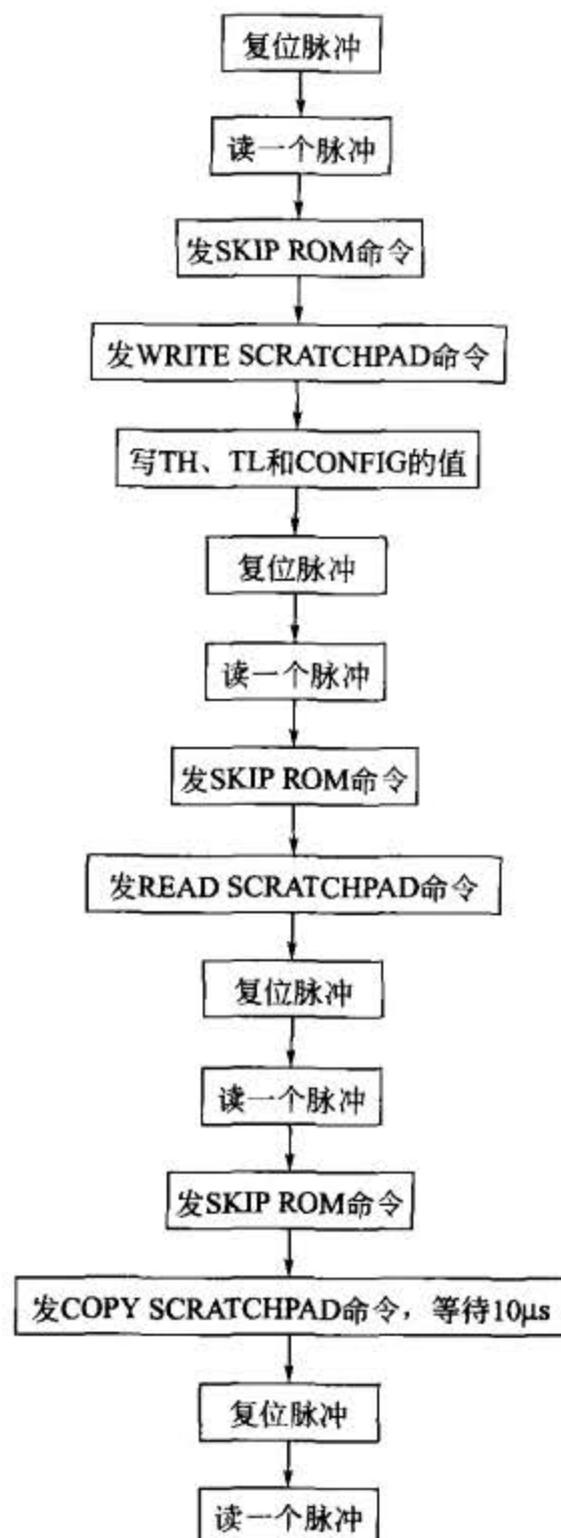


图 5-17 启动温度转换并读取温度值的流程图

子程序 GETWD 读取的温度值高位字节送 WDM5B 单元，低位字节送 WDL5B 单元，再按照温度值字节的表示格式及其符号位，经过简单的变换即可得到实际温度值。

一片 DS18B20 构成测温系统，测量的温度精度达到 0.1℃，测量的温度的范围在 -20~100℃ 之间，用 8 位数码管显示出来。原理图见图 5-18。

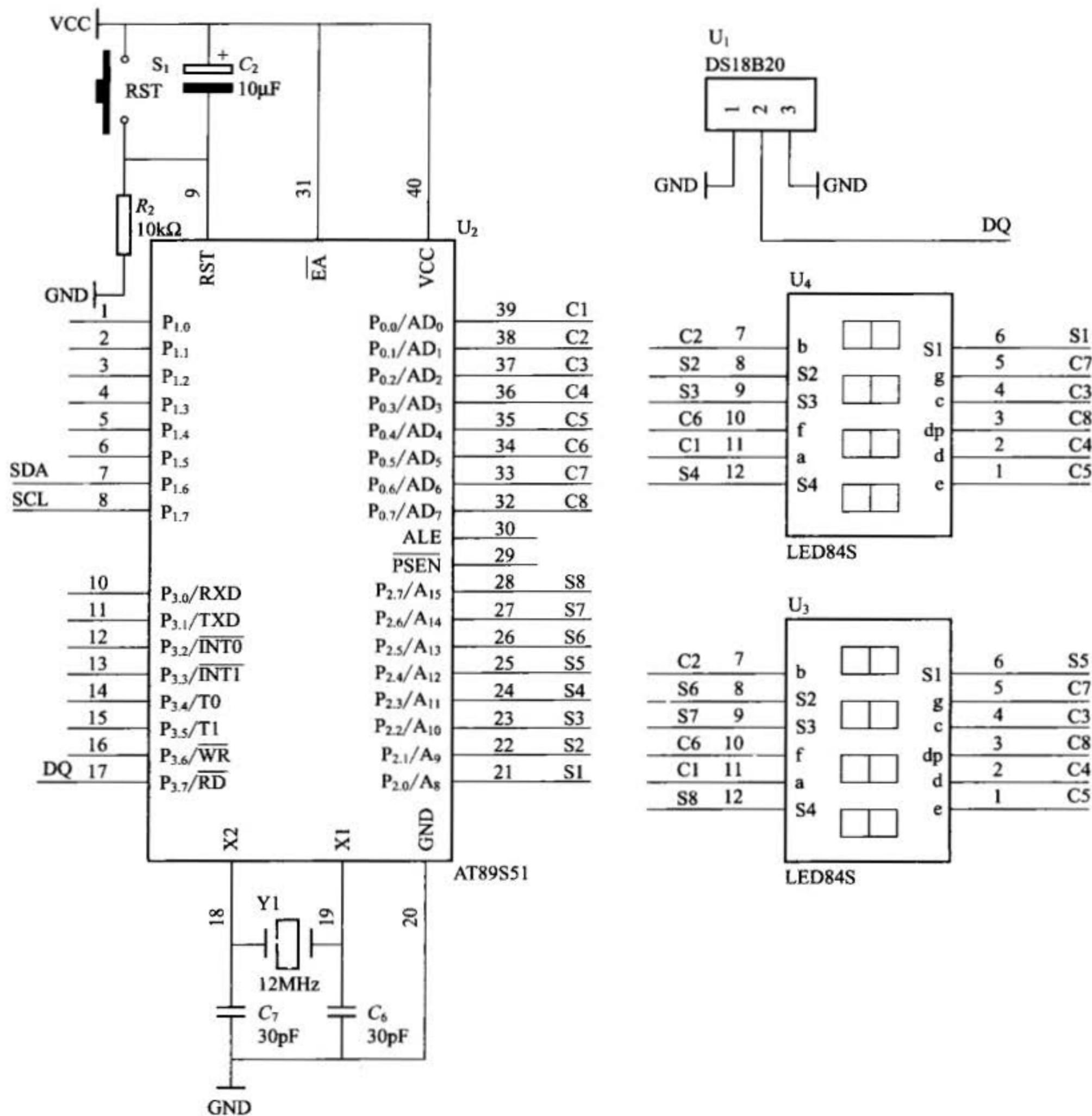


图 5-18 单片测温系统电路原理

DS18B20 是目前最流行的单总线温度传感器之一。它的接口电路简单、可靠，因此在温度检测系统以及测控网络中将会有广泛的应用前景。