

可编程单总线数字式温度传感器DS18B20的原理与应用

The Principle and Application of 1-Wire Digital Temperature Sensor DS18B20

马田华, 陈东, 蒋国平

(大连理工大学电子与信息工程学院, 大连 116023)

Ma Tian-hua, CHEN Dong, JIANG Guo-ping

(School of Electronic and Information Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116023, China)

◎摘 要: 文章介绍了可编程单总线数字式温度传感器DS18B20的特点、结构以及其工作原理, 同时给出了DS18B20在温度测量中与MCS-51单片机的硬件接口和软件设计, 最后用逻辑分析仪测试并验证了DS18B20的工作时序。

关键词: DS18B20; MCS-51 单片机; 逻辑分析仪

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1003-0107(2004)-0082-04

Abstract: This paper introduces the characteristics, the structure and the principle of digital temperature sensor DS18B20. Meanwhile, the hardware interface and the software design are given between MCS-51 and DS18B20 in temperature measurement. Finally, the testing slots of DS18B20 are provided by using logic analyzer.

Key words: DS18B20; MCS-51; Logic analyzer

◎CLC number: TP273

Document code: A

Article ID: 1003-0107(2004)-0082-04 ◎

一、引言

DS18B20是DALLAS公司生产的单总线数字温度传感器, 它结构简单、不需外接元件, 采用一根I/O数据线即可供电又可传输数据, 并可设置温度报警界限等特点, 广泛用于工业、民用等领域的温度测量中。DS18B20能够直接读出被测温度并可通过编程来实现精度 $1/2 \sim 1/16$ 的四级转换, 可以分别在93.75ms和750ms内将温度值转换为9位和12位的数字量, 因此, 使用简单、可靠性高。

二、DS18B20的特点与结构^[1]

DS18B20的特点: 1、独特的单线接口, 仅用一个引脚用于通信, 不要求外部元件; 2、每一片DS18B20都有一个64位系列号存储在片内ROM; 3、可以从数据线上获得电源, 供电范围从3.0V到5.5V; 4、测量温度范围从-55℃至+125℃, -10℃~+85℃范围内其准确度为

0.5℃; 5、用户可以选择从9位到12位数字值; 6、用户可定义非易失性报警设置; 7、在最多750ms内将温度转换为12位数字值。

DS18B20有两种封装即3脚和8脚, 管脚排列如图1所示。这里以3脚封装来说明, VDD为电源引脚, GND为地线引脚, DQ为数据输入/输出引脚, 属于漏极开路输出, 外接上拉电阻后, 常态下呈高电平。其内部结构如图2所示, 主要由64位激光ROM、温度传感器、存放中间数据的高速暂存器RAM、用于存储用户设定的温度上下限制TH和TL触发器、配置寄存器、8位循环冗余校验码(CRC)发生器等重要部分组成。

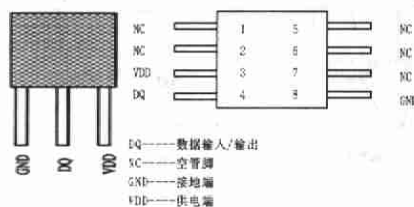


图1 DS18B20外部形状和管脚排列

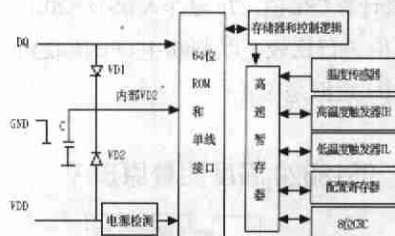


图2 DS18B20内部结构图

1、64位激光ROM

芯片内部有经过激光修正的ROM, 内含64位ROM编码, 包括产品系列号(高8位)、产品序号(中间48位)和CRC编码。

2、非易失性温度报警触发器TH和TL、配置寄存器

它们均有一个字节的E²RAM组成, 使用一个存储器功能命令可对TH和TL、配置寄存器写入。配置寄存器的格式为: R1、R0决定温度转换的精度位数, R1R0="00", 9位精度, 最大转换

时间是93.75ms,分辨力为0.5℃;R1R0 = "01",10位精度,最大转换时间是187.5ms,分辨力为0.25℃;R1R0 = "10",11位精度,最大转换时间是375ms,分辨力为0.125℃;R1R0 = "11",12位精度,最大转换时间是750ms,分辨力为0.0625℃。

3. 高速暂存器(简称暂存器)

它由便笺式RAM、非易失性电擦写E²RAM所组成,后者用来存储TH和TL值。数据写入RAM,经校验后再传给E²RAM。便笺式RAM占9个字节,第0、1个字节式测量出的温度信息,第2、3字节分别是TH和TL值,第4、5字节不用,第6、7字节为计数寄存器,可用于提高温度分辨力,第8字节用来存储前8字节的循环冗余校验码。

4. 温度传感器和循环冗余校验码(CRC)的产生

温度传感器可完成对温度的测量,用16位二进制的数字或十六进制数据输出。在64位激光ROM的最低8位字节中存有CRC。主CPU根据ROM的前56位来计算CRC值,并与存入DS18B20的CRC值进行比较,以判断主CPU接收到的ROM数据是否正确。

三、DS18B20 温度测量原理^[1]

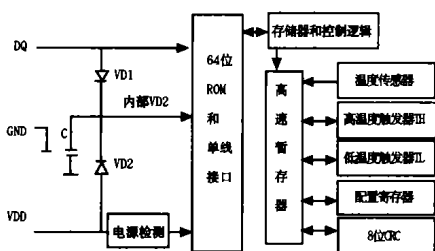


图3 DS18B20的内部测温电路框图

DS18B20的内部测温电路框图如图3所示,低温度系数振荡器用于产生稳定的频率 f_0 。高温系数振荡器则相当于T/f转换器,能将被测温度 t 转换成频率信号 f_0 。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始终脉冲进行计数,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℃所对应的基数分别置入减法计数器、温度寄存器中。在计数门关闭之前若计数器已经减至零,温度寄存器中的数值就增加0.5℃。然后,计数器依斜率累加器的状态置入新的数值,再对时钟计数,然后减至零,温度寄存器值又增加0.5℃。只要计数门仍没有关闭,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DS18B20DE测温原理。斜率累加器能对振荡器的非线性予以补偿,提高测量准确度。

四、DS18B20与主机之间的通信协议^[1]

数字式温度传感器将得到的温度信号直接给转化成数字信号,然后通过串行通信的方式将其输出,为了保证各位数据传输的正确性和完整性,DS18B20在测温中要有严格的通信协议。此协议规定了复位脉冲、应答脉冲、写0、写1、读0和读1等几种信号的时序。除了应答脉冲,其余信号都有主CPU来控制。主CPU通过时序来写入和读出DS18B20中的数据。时序用于传输数据位和指定进行何种操作的命令。

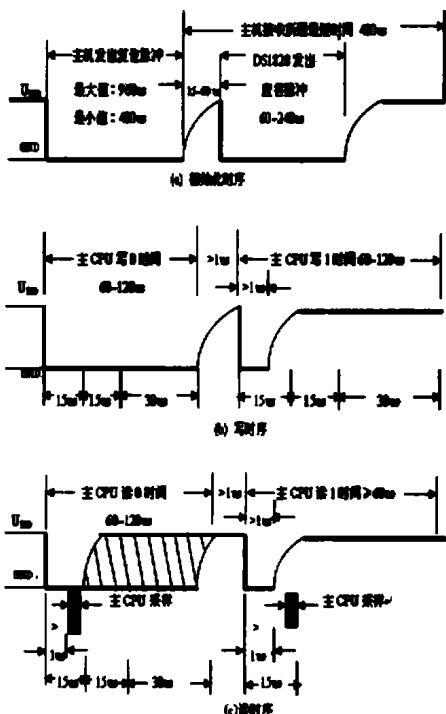


图4 DS18B20的工作时序

1. 初始化时序

在对DS18B20进行ROM和RAM操作之前,主CPU首先发出一个复位脉冲(最小脉冲宽度位480μs的低电平信号);然后主CPU释放单总线I/O线,使之处于接收状态。单总线经过上拉电阻被拉至高电平。当DS18B20检测到I/O端的上升沿时,就等待15~60μs,再向主CPU发出应答脉冲(60~240μs的低电平信号)。初始化过程时序波形如图4(a)所示。

2. 写时序

主CPU把I/O线从高电平拉至低电平时,作为一个写周期的开始。写时序包括两种类型:写1时序和写0时序,写1或写0必须保持至少60μs,在两个写周期之间至少有1μs的恢复期。DS18B20在I/O线变低电平后的15~60μs的时间内进行采样。若I/O线为高电平,即认为写入了一位1;反之,则认为写入了一位0。主CPU在开始写1周期时,必须将I/O线拉至低电平,然后释放,15μs内将I/O线拉至高电平。主CPU在开始写0时,也将I/O拉至低电平,并保持60μs的时间。写时序波形如图4(b)所示。

3. 读时序

当主CPU将I/O线从高电平拉至低电平时,就作为一个读周期的开始,并且I/O线保持低电平的时间至少为1μs。DS18B20的输出数据在读时序下降沿过后的15μs内有效,在此期间,主CPU应释放I/O线,使之处于输入状态以便读取数据。经过15μs后读时序结束,I/O线经过上拉电阻变为高电平。读一位数据至少要60μs时间,并且在两位数据之间至少要有1μs的恢复期。读时序波形如图4(c)所示。

4. ROM操作命令

一旦主CPU检测到从属器件的存在,就可以发出ROM操作命令。所有ROM操作命令均为8位字长。主CPU对ROM操作命令有五种:搜索ROM(FOH)、读

ROM(33H)、符合ROM(55H)、跳过ROM(CCH)、报警搜索(ECH)。除跳过ROM命令以外其他几条命令多用于在系统中同一总线上存在多个DS18B20同时工作的情况。

5. RAM操作命令

在主机用完一个ROM命令后,就可以开始使用功能命令。功能命令包括:温度变换(44H)、写暂存器(4EH)、读暂存器(BEH)、复制暂存器(48H)、取回E2RAM(B8H)、读电源(B4H)。一般主要应用到前三个命令。

五、DS18B20与单片机硬件接口和软件设计

1. 硬件接口

硬件电路中采用的单片机是MCS-51系列单片机,因为它内部含有可重复编程的存储器,可进行至少10000次擦写/编程[2],所以在开发过程中很容易进行程序的修改。DS18B20采用3脚封装式的,采用3脚封装DS18B20需用外加电源工作方式,这样可以增强DS18B20的抗干扰能力,保证工作的稳定性。DS18B20工作在外部电源供电方式。单片机采用P3.5线和DS18B20通信。DS18B20与单片机接口电路如图5所示。

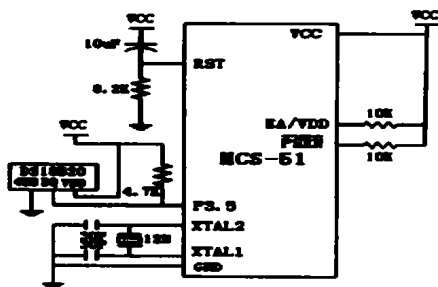


图5 DS18B20与单片机的接口电路

2. 软件设计

DS18B20对时序和电性参数要求很高,所以主CPU经过单总线接口访问DS18B20的工作流程必须要遵守严格的操作顺序,如果顺序中任意一步缺少或顺序错乱,DS18B20将不会响应。DS18B20的操作顺序是:第一步:对DS18B20初始化;第二步:发送ROM命令;第三步:发送功能命令。软件控制

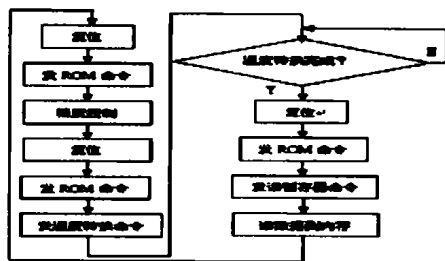


图6 DS18B20与单片机通信程序流程图

DS18B20的具体流程图如图6所示。

DS18B20测温程序代码如下:

NEXT:

;初始化复位

LCALL RESETA

NOP

;跳过ROM操作RAM,发忽略命令

MOV R7,#0CCH

LCALL SEND_1BYTE

;循环9字节读RAM初始化

MOV R0,#09H

MOV R1,#ROM1

;开启温度转换

MOV R7,#44H

LCALL SEND_1BYTE

NOP

LCALL DELAY_1S

LCALL DELAY_1S

NOP

LCALL READ_RAM

LCALL DELAY_1S

LJMP NEXT

;读RAM子程序

READ_RAM:

LCALL RESETA

;跳过ROM,直接操作RAM

MOV R7,#0CCH

LCALL SEND_1BYTE

NOP

;循环9字节读RAM初始化

MOV R0,#09H

MOV R1,#ROM1

;发送读9字节RAM命令

MOV R7,#0BEH

LCALL SEND_1BYTE

NOP

READ_LOOP:

LCALL READ_1BYTE

NOP

MOV @R1,A

INC R1

DJNZ R0,READ_LOOP

RET

;写1个字节子程

SEND_1BYTE:

MOV A,R7

MOV R5,#08H

SEND_ST:

CLR C

RRC A

JC SEND_1

LCALL WRITE_0

SJMP SEND_END

SEND_1:

LCALL WRITE_1

SEND_END:

DJNZ R5,SEND_ST

LCALL DELAY_60 M S

RET

;读1个字节子程序

READ_1BYTE:

MOV R5,#08H

READ_ST:

LCALL READ_1BIT

RRC A

DJNZ R5,READ_ST

MOV R4,A

RET

;写1位子程序

WRITE_0:

CLR IOB M S

LCALL DELAY_60 M S

SETB IOB M S

RET

WRITE_1:

CLR IOB M S

NOP

SETB IOB M S

LCALL DELAY_50 M S

RET

;读1位子程序

READ_1BIT:

CLR IOB M S

下转第67页

体单元里线网分配后仍需要的布线轨道的数量。由此表明拥挤问题得到了很好的解决,与此同时还缩短了布线长度。

在表2中,我们比较了具有轨道分配的2号布线方案和不具有轨道分配的3号布线方案。表中包含详细布线和轨道分配的运行时间、详细长度以及时序破坏的数量。二号方案的详细布线的运行时间明显小于三号方案的详细布线运行时间。这主要是因为二号方案详细布线中搜索的面积相对较小。而轨道分配的运行时间占整个布线时间的比例非常小。轨道分配后,所有线网被布线但还不十分详细,还存在着许多时序破坏,特别是在布线连接到物理引线端的区域。详细布线将部分解决这些问题。从表中也可看到,二号方案相应的将时序破坏数目相对较少。

详细布线后我们进行了搜索修补

和优化步骤。由表3可以看出在,完全排除时序破坏的同时,有效地缩短了连线总长,减少了接触点的数目,从而得到了较好的优化效果。

5. 结束语

随着电路规模的增大、系统复杂性的增强和半导体工艺的发展,集成电路设计进入了深亚微米时代。传统的布局布线方式已不能适应时代的发展。面对出现的互连效应,在布局布线流程中,我们采用了针对性的拥挤驱动布局方式,并加入了搜索提炼、轨道分配和搜索修补三种优化方式。结合Synopsys公司先进的超深亚微米布局布线工具Apollo-II,有效的解决了金属互连的拥挤和时序问题,提高了布局布线质量,缩短了布局布线时间。◆

参考文献:

- [1] Davide Pandini, Lawrence T.

Pileggi, and Andrzej J. Strojwas, "Global and Local Congestion Optimization in Technology Mapping" IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTER-AIDED DESIGN OF INTEGRATED CIRCUITS AND SYSTEMS, VOL. 22, NO. 4, APRIL 2003

[2] Jinan Lou, Wei Chen, "Crosstalk-Aware Placement" IEEE Design & Test of Computers 2004

[3] Ulrich Brenner and Andr Rohe, "An Effective Congestion-Driven Placement Framework" IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTER-AIDED DESIGN OF INTEGRATED CIRCUITS AND SYSTEMS, VOL. 22, NO. 4, APRIL 2003

[4] Synopsys Apollo-II User Guide [Z] 2003.9

[5] Maogang Wang, Xiaojian Yang, and Majid Sarrafzadeh, "Congestion Minimization During Placement" IEEE TRANSACTIONS ON COMPUTER-AIDED DESIGN OF INTEGRATED CIRCUITS AND SYSTEMS, VOL. 19, NO. 10, OCTOBER 2000

← 上接第85页

```

NOP
SETB  IOB M S
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
MOV  C, IOB M S
LCALL DELAY_50 M S
RET
;复位子程序
RESETA:
CLR   IOB M S
LCALL DELAY_480 M S
SETB  IOB M S
LCALL DELAY_300 M S
RET
;延时子程序 (省略)

```

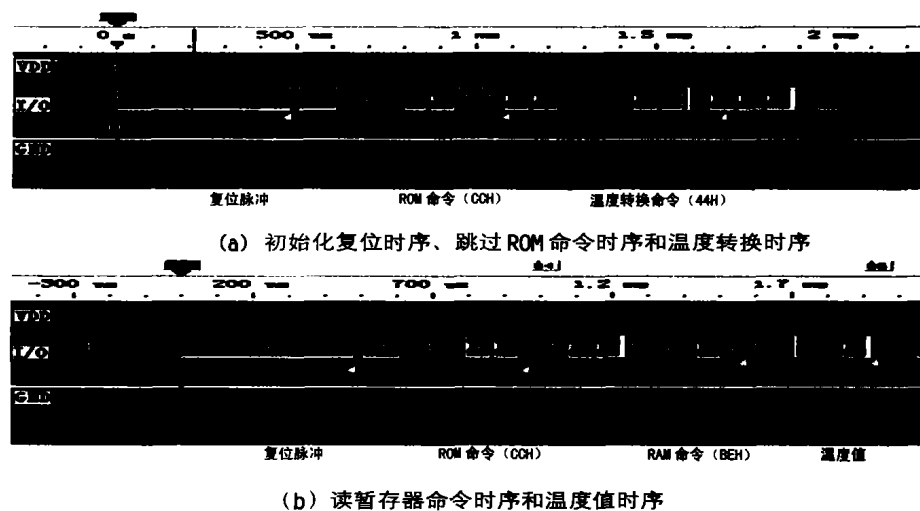


图8 用逻辑分析仪检测到的DS18B20的单总线工作时序

示。通过实验检测与验证,DS18B20单总线工作情况符合其时序的要求。

本低、体积小等特点,所以有着很好的应用前景。◆

六、结束语

DS18B20是目前最流行的单总线数字式温度传感器之一,它有着独特的单总线接口,可以在一条线上接多个传感器,从而克服了模拟温度传感器与微机接口时的A/D转换等缺点。由于它具有测温精度高、抗干扰能力强、成

参考文献:

[1]沙占友,王晓君,马洪涛,张苏英等.智能化集成温度传感器原理与应用.北京:机械工业出版社,2002.7:84-105

[2]孙涵芳,徐爱卿.MCS-51/96系列单片机原理即应用(修订版).北京:北京航空航天大学出版社,1996.4:114-116

3. 逻辑分析仪检测

用Agilent1693A逻辑分析仪检测到DS18B20的单总线工作时序如图8所