

文章编号:1001-9944(2008)06-0041-05

1-Wire 总线在精细农业数据采集中的应用

范林涛^{1,2}, 宋良图¹

(1. 中科院合肥智能机械研究所, 合肥 230031; 2. 中国科学技术大学 自动化系, 合肥 230026)

摘要:介绍了 1-Wire 总线在精细农业数据采集中的应用。详细介绍了 1-Wire 总线协议, 并利用基于 1-Wire 总线协议的温度传感器 DS18B20 和 C8051F330 单片机实现了农作物生长环境温度分布式测量系统, 给出了系统电路图和部分程序代码。

关键字:1-Wire 总线; 精细农业; DS18B20; C8051F330

中图分类号:TP393 **文献标志码:**B

Application of 1-Wire BUS in Data Acquisition in Precision Agriculture

FAN Lin-tao^{1,2}, SONG Liang-tu¹

(1. Hefei Institute of Intelligent Machines, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China; 2. Department of Automation, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

Abstract: In this paper, application of 1-Wire BUS is introduced in data acquisition in Precision agriculture. 1-Wire BUS protocol is introduced in detail, and the temperature sensor DS18B20 based on the 1-Wire BUS protocol and the C8051F330 MCU are used to implement the distributed temperature measurement system of the crop growth environment. The circuit of the system and some of the code are given.

Key words: 1-Wire Bus; precision agriculture; DS18B20; C8051F330

精细农业(precision farming 或 precision agriculture) 又称精准农业或精确农业, 首先由美国农学家在 20 世纪 90 年代提出并开展起来的^[1]。精细农业是基于农田信息在时间和空间上存在的差异而实施的变量管理技术, 以最少的物质和能量消耗, 实现最大的产量, 同时考虑环境和可持续发展的因素^[2]。精细农业的产生与发展主要依赖于近 20 年来计算机技术、电子技术、卫星导航技术和传感器技术的迅速发展, 在农业中逐渐融合了全球定位系统 GPS、地理信息系统 GIS、无线传感器网络 Zigbee 技术、连续数据采集传感器 CDS、遥感 RS、变率处理设备 VRT 和决策支

持系统 DSS 等技术。精细农业是一个系统工程, 基本工作流程主要由三部分组成: 农田信息采集、智能决策、田间管理, 三者相互作用, 构成一个整体。田间信息的采集和传输是人们实施精细农业的基础, 它的发展落后于其他两个方面。农田信息采集主要包括农作物生理参数的测量和农作物生长环境测量。农作物生理参数测量包括其物理参量、营养状况和体液流量等参数; 农作物生长环境测量包括测量农田空气, 土壤的温度、湿度、气体、离子含量等参数。本文着重介绍农田环境的温度测量。

由于农田面积广大, 土壤有一定深度并且传热

收稿日期: 2007-09-30; 修订日期: 2008-03-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(60774096); 863 计划(2006AA10Z237); 国家科技支撑计划(2006BAD10A05)

作者简介: 范林涛(1982-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为农业信息采集与检测、嵌入式系统开发; 宋良图(1963-), 男, 研究员, 硕士, 主要从事基于 WEB 的管理信息系统和农业专家系统的开发和农业信息技术的推广示范工作。

性能较差,导致农田中在不同区域、不同深度的温度也有很大差异。因此农田温度的采集需要采用分布式测量方式。基于 1-Wire 协议的 DS18B20 温度传感器能够满足农田中分布式温度测量的需求,1-Wire 协议是 Maxim 全资子公司 Dallas 提出的一项单总线通讯协议,它允许一个总线控制器通过一根双向数据总线控制一个或多个从属器件,具有节省总线控制器输入输出端口资源、结构简单、成本低廉、便于总线扩展和维护等优点。

1 芯片介绍

DS18B20 是 Dallas 公司推出的一款基于 1-Wire 总线协议的可编程分辨率数字温度传感器^[3]。DS18B20 提供 9 到 12 位数字摄氏度温度测量,通过一条 1-Wire 数据总线与中央处理器通信。图 1 为 DS18B20 芯片的内部结构图。

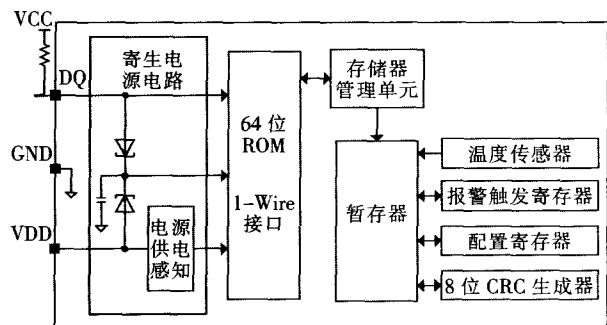


图 1 DS18B20 芯片的内部结构图

Fig.1 DS18B20 block diagram

DS18B20 内部结构包含以下几个部分:(1)寄生电源电路,DS18B20 不是必须依赖外部供电,数据线可以作为寄生电源为芯片供电。数据线为高电平时,寄生电源电路内部电容充电保存电能;数据线为低时,电容放电保证芯片正常工作。(2)片内 ROM 与单总线接口,片内 ROM 存储了每片 DS18B20 独有的 64 位序列号,这一特性使得每条总线上可以挂接很多 DS18B20,简化了分布式的温度测量;单总线就芯片与处理器的双向信息交换通道,处理器通过单总线给 DS18B20 发送命令并读取序列号和温度值数据。(3)暂存器内部含有一个 2 字节的温度寄存器,用来保存温度传感器的数字输出,另外还有 1 字节的温度报警触发寄存器和 1 字节的配置寄存器。(4)温度测量、报警、转换、校验、暂存电路,DS18B20 的主要动作模块,可以通过外部命令控制其动作方式。

DS18B20 在温度测量上具有如下特性:温度测量范围为 $-55^{\circ}\text{C}\sim 125^{\circ}\text{C}$,增值量为 0.5°C ;以 9 位至 12 位数字方式读出温度;1s 内把温度值变换为数字信号;用户可定义的、非易失性的温度报警设置。8 位 CRC 校验等。DS18B20 的应用范围包括温度控制、工业系统、消费产品、温度计或任何热敏系统。

DS18B20 严格遵守 1-Wire 通信协议来保证数据的完整性,协议中规定了六种信号类型:复位脉冲、存在脉冲、写 0、写 1、读 0、读 1。除了存在脉冲由 DS18B20 发出之外,其它五个信号由总线控制器发出。

1) DS18B20 的初始化

对 DS18B20 的所有操作都必须先对器件进行初始化,首先总线控制器释放总线,也就是让总线处于高电平,随后向器件发送一个宽 $480\mu\text{s}$ 的低电平复位脉冲,再次释放总线。DS18B20 侦测到复位脉冲后,等待大约 $15\text{ms}\sim 60\text{ms}$ 后返回一个 $60\text{ms}\sim 240\text{ms}$ 的低电平存在脉冲,总线控制器收到存在脉冲表示复位成功,可以继续后面的操作,否则继续复位。

2) 读写操作

总线控制器在读时间片内对 DS18B20 进行读操作,在写时间片内对其进行写操作。1-Wire 总线上每个时间片传输 1 位数据。

(1) 写操作

写操作包括“写 0”操作和“写 1”操作。总线控制器在写 0 时间片对 DS18B20 写入逻辑 0,在写 1 时间片写入逻辑 1。所有的写时间片必须持续最短 $60\mu\text{s}$,在两个写操作中间需要插入最短 $1\mu\text{s}$ 的恢复时间,也就是在两次写操作中间要释放总线至少 $1\mu\text{s}$ 的时间。

执行写 0 操作,总线控制器首先把总线拉低并持续至少 $60\mu\text{s}$ 。执行写 1 操作,总线控制器首先把总线拉低,并在 $15\mu\text{s}$ 内释放总线, $4.7\text{k}\Omega$ 的上拉电阻会将总线拉至高电平。DS18B20 会在总线被拉低后的 $15\mu\text{s}\sim 60\mu\text{s}$ 内对总线上的电平信号进行采样,如果为低电平,对 DS18B20 写 0 操作成功;为高电平,写 1 操作成功。

8 个“写 0”、“写 1”操作的组合,构成了 DS18B20 的控制命令。控制命令分为 ROM 命令和 RAM 命令。表 1、表 2 分别对使用到的部分 ROM 命令和 RAM 命令做了详细介绍。

表 1 DS18B20 的 ROM 命令
Tab.1 DS18B20 ROM command set

指令	代码	功能
搜索 ROM	0FOH	确定挂接总线上 DS18B20 个数,并识别 64 位 ROM
读取 ROM	33H	读取 64 位 ROM 编码
匹配 ROM	55H	发出 64 位 ROM 编码,匹配总线上与之相对应器件
跳过 ROM	0CCH	忽略 ROM 编码,适用于单片工作

表 2 DS18B20 的 RAM 命令
Tab.2 DS18B20 RAM command set

指令	代码	功能
温度变换	44H	启动 DS18B20 进行温度变换
读暂存器	0BEH	读取暂存器中的温度编码

(2) 读操作

在读时间片内,DS18B20 可以向总线控制器发送数据。因此,总线控制器必须首先向 DS18B20 发送“读暂存器[BEH]”等命令后,才能产生读时间片,这样 DS18B20 才能提供需要的数据。

所有的读时间片必须持续至少 $60\mu\text{s}$,在两个读时间片中间必须插入 $1\mu\text{s}$ 的恢复时间。总线控制器将总线拉低至少 $1\mu\text{s}$ 后释放总线,这时立刻产生读时间片。输出数据在初始写时间片的电平下降沿后 $15\mu\text{s}$ 内有效。此时 DS18B20 开始发送逻辑 0 或者逻辑 1。DS18B20 通过拉低总线来发送逻辑 0,释放总线来发送逻辑 1。

总线控制器向 DS18B20 发送读取在线器件序列号命令,DS18B20 响应命令,向控制器发送中存储的 64 位编码。首先 8 位 CRC 校验编号、其次是 48 位序列号、最后是 8 位产品系列编码,都按照最低有效位在前,最高有效位在后的顺序发送。

在温度变换结束后,总线控制器可以向在线选定 DS18B20 发送读取温度值指令。DS18B20 响应命令,从暂存器中读取 16 位温度寄存器的编码,并发送到总线控制器中,发送顺序是从最低有效位到最高有效位。总线控制器收到 16 位编码后保存在 2 个字节的存储空间中,然后将高字节保存的值左移 8 位后与低字节值相加,所得结果右移 4 位,便可得到当前摄氏温度值。

C8051F 系列单片机是 Silabs 公司推出的高速混合信号片上系统芯片^[4],具有与 8051 兼容的高速 CIP-51 内核,与 MCS-51 指令集完全兼容。片内集

成了数据采集和控制系统中常用的模拟、数字外设及其他功能部件,内置 FLASH 程序存储器、内部 RAM,大部分器件内部还有位于外部数据存储器空间的 RAM,即 XRAM。C8051F 单片机具有片内调试电路,通过 4 引脚的 JTAG 接口或 2 引脚的 C2 接口可以进行非侵入式、全速的在线系统调试。

本文采用的总线控制器是 C8051F330 单片机。这款单片机价格低廉、功能强大,包括 AD/DA 转换、多级中断,芯片内部的参考电压输出、比较器、定时器,这些功能大部分本文都没有用到,但是为精细农业数据采集的其它模块提供了强大的支持,可以很方便地与各种串行接口、Zigbee 模块、GPS 模块、GPRS 模块连接;管脚丰富灵活,管脚可由程序设定为模拟或非模拟输入、推挽或开漏输出;接口丰富,集成了 UART、SPI、I²C 和 SMBUS 等数据通信接口与上位机或传感器芯片通信;编程调试简便,与 8051 系统指令兼容,提供了丰富的寄存器,操作配置简便,利用 2 线的 C2 接口进行在线调试,简化了程序的调试难度。

2 硬件设计

C8051F330 单片机有 20 个引脚,其中有 17 个可配置输入输出端口 P0.0~P0.7,P1.0~P1.7,P2.0。P0.2 和 P0.3 为 11.0592MHz 晶振输入;C2D 为 C2 接口数据线;P0.4 和 P0.5 为 UART 接口的 Tx 和 Rx 数据线,分别连接串口电平转换新品 MAX232 相应引脚来与上位机进行数据通信;P0.6 作为和 1-Wire 总线相连接的数据线;其它数据引脚暂时悬空,留待它用。另外三个引脚分别为 VDD、GND、RST/C2CK, VDD 连接+3.3V 数字电源,GND 连接数字地,C2CK 为 C2 接口的是中输入和复位信号输入。

DS18B20 有三根引脚,电源线 VCC、数据线 DQ 和地线 GND,采用了三极管的 TO-92 封装,因此在电路图中用三极管图示代替。VCC 接+5V 模拟电源,GND 接模拟地,DQ 与单片机 P0.6 输入输出端口相连。作为试验装置,本设计中 1-Wire 总线上挂接了三片 DS18B20 温度传感芯片,分别如图接好电源线、数据线和地线。电源采用外部电源供电,这样可以提高总线的带负载能力,可以使总线上连接的几个 DS18B20 同时进行温度转换而不需在总线上加强上拉。另外单总线需要近似 $5\text{k}\Omega$ 的上拉电阻。图 2 为系统电路图。

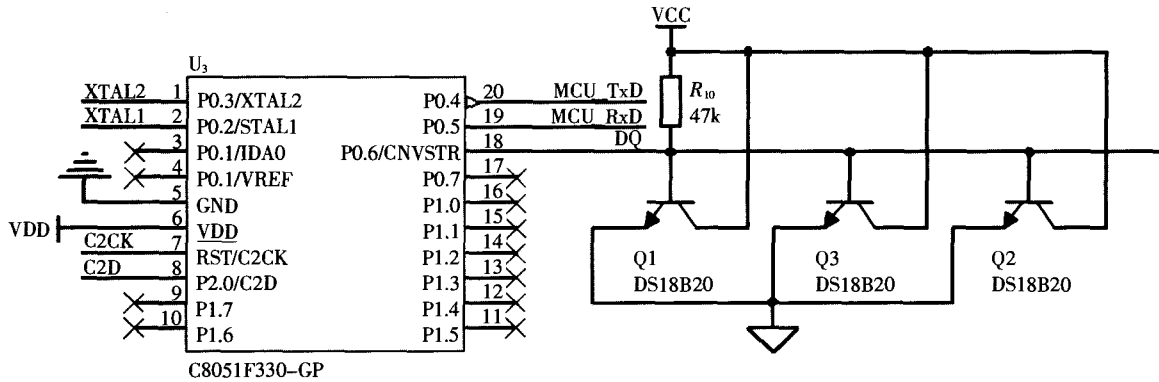


图 2 系统电路图

Fig.2 System circuit diagram

系统还包括电源电平转换电路、时钟产生电路、复位电路、串口电平转换电路、滤波电路、预留功能接口等其它组件,在此不一一赘述。

3 软件设计

软件设计使用 Silabs 公司自带的集成开发环境,采用 C51 语言编写,实现了模块化程序设计。

主要模块有系统初始化、DS18B20 复位、DS18B20 序列号读取、数据读和数据写、串口收发等模块。本文主要介绍对 DS18B20 的操作模块。另外 DS18B20 的默认配置为测温分辨率为 0.0625℃,以 12 位有效数据表示^[9],能够满足程序要求,故没有用软件进行显式配置。图 3 为软件流程图。

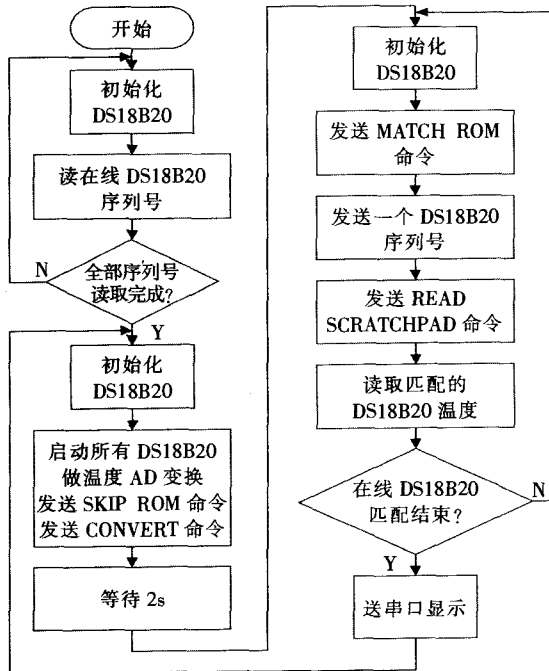


图 3 系统软件流程图

Fig.3 System software flow chart

以下是 DS18B20 的复位、读、写源代码。首先进行全局变量定义和宏定义。

```

sbit DQ=P0^6;
//DS18B20 数据线 与单片机 P0.6 引脚相连
#define TRUE 1
#define FALSE 0
void init_18B20(void)//初始化 DS18B20
{
DQ=TRUE;
DQ=FALSE;
delayus(700);//延时大于 480 毫秒
DQ=TRUE;
delayus(17);
while(FALSE! =DQ);
//等待 DS18B20 返回存在脉冲
delayus(200);//延时 60~240 毫秒
}
unsigned char read_18B20(void)
//读取 8 位 DS18B20 发送的数据
{
unsigned char temp,l;
temp=0;
for(l=0;l<8;l++)
{
temp>>=1;
DQ=FALSE;
delayus(1);//延时 1 毫秒
DQ=TRUE;
delayus(1);
if(DQ)
templ=0x80;//读 1 位数据
}
}
    
```

```

delayus(100);
//延时 60~120 毫秒
DQ=TRUE;
}
delayus(1);
return (temp);
}
void write_18B20(unsigned char x)
//向 DS18B20 发送 8 位 ROM、RAM 命令
{
unsigned char m;
for(m=0;m<8;m++)
{
DQ=TRUE;
DQ=FALSE;
delayus(1);
if(x&(1<<m))
//写 1 位数据,从低位开始
DQ=TRUE;
else
DQ=FALSE;
delayus(100);
//延时 60 毫秒以上
}
DQ=TRUE;
delayus(1);
}

```

其中 delayus 为延时子程序,具体的延时值需要根据系统采用的晶振频率来决定,本设计中单片机采用 11.0592MHz 晶振,delayus(1)大约延时 1 μ s。

4 实验结果

利用三片 DS18B20 同时测量冰水混合物、常温、热水的温度,利用 Silabs 公司自带编译器的 WATCH 功能,能够查看到测量的温度值,count1、count2、count3 分别对应热水、室温和冰水混合物的温度。可测得合肥 2007 年 9 月 10 日下午三点室温

为 27.8125 $^{\circ}$ C,冰水混合物温度为 5.1875 $^{\circ}$ C,热水温度为 65.3125 $^{\circ}$ C。图 4 为编译环境 WATCH 窗口看到的变量值。

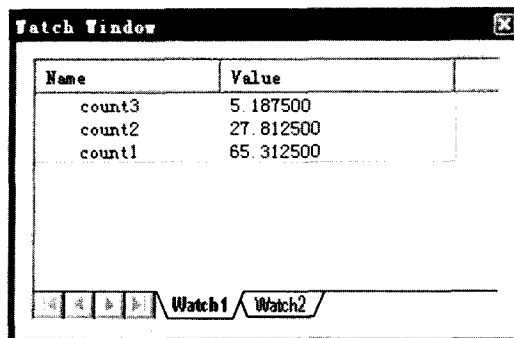


图 4 在 watch 窗口中查看温度变量值

Fig.4 Looking up temperature variable values in the watch window

5 结语

依实验结果来看,利用 DS18B20 温度传感器芯片可以同时实现多点温度的测量,为执行精细农业分布式温度测量打下了基础。但是农田中环境远比实验室环境复杂多变,此方案在农田中能否顺利使用尚需进一步测试。由于农田环境潮湿,并且需要经历日晒雨淋,需要对传感器进行隔绝外界处理。但是隔绝之后可能影响到温度的测量效果,如何选取外包材料也需要进行考证测试。在农田环境测量获得的温度值不易直接与上位机相连,可以将单片机空闲引脚与 Zigbee 无线传感器网络模块或 GPRS 模块相连,进行无线数据的收发。

参考文献:

- [1] 魏军利. 基于 GPS、GPRS 的农田信息采集系统研究与设计[D]. 中国科学技术大学, 2007.
- [2] 裘正军. 基于 GPS、GIS 及虚拟仪器的精细农业信息采集与处理技术的研究[D]. 浙江大学博士论文, 2004.
- [3] DS18B20 datasheet[Z]. Dallas Corporation, 2005.
- [4] C8051F33x datasheet[Z]. Silicon Corporation, 2005.
- [5] 魏英智. DS18B20 在温度控制中的应用 [J]. 煤矿机械, 2005(3): 92-93.

欢迎订阅《自动化与仪表》杂志 (月刊)

邮发代号:6-20 定价:8.00 元/期