(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 113848791 B
(45)授权公告日 2023.06.06

(21)申请号 202111149645.8
(22)申请日 2021.09.29
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113848791 A
(43)申请公布日 2021.12.28
(73)专利权人 金陵科技学院
地址 210000 江苏省南京市江宁区弘景大道99号
(72)发明人 徐尚瑜 张燕 陈文君 严冬 王洪欣 苗丽娟
(74)专利代理机构 江苏圣典律师事务所 32237
专利代理师 于瀚文 胡建华
(51)Int.Cl.
G05B 19/042(2006.01)

审查员 李思思

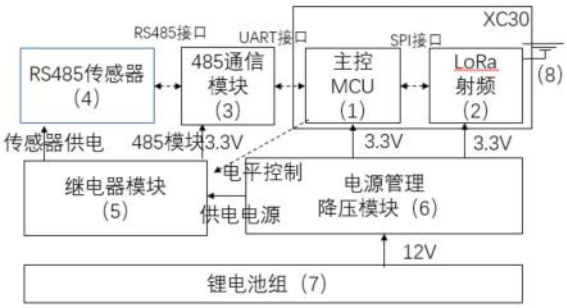
权利要求书4页 说明书11页 附图3页

(54)发明名称

一种低功耗通用农业环境监测终端

(57)摘要

本发明公开了一种低功耗通用农业环境监测终端，终端应用锂电池供电、无线LoRa传输，可动态集成各类RS485传感器，实现各类农业环境指标的通用采集。终端硬件上，选用集成主控MCU和LoRa射频的物联网芯片XC30，使用磁保持继电器按需为传感器供电，优化二级降压稳压电路。在软件方面，应用LoRa下行消息加载传感器指令，实现通用终端的485传感器的动态接入功能；优化LoRa无线参数：扩频因子SF和发送功率TP；设置终端工作时序流程：终端休眠、传感器预热、数据发送和数据接收四个阶段，通过休眠策略延长终端工作时长。终端具有小型化、可移动、免施工等特点，适用于农业大田、设施、养殖等领域的水质、土壤、气象及气体的在线监测。



CN 113848791 B

1.一种低功耗通用农业环境监测终端,其特征在于,包括主控芯片MCU(1)、LoRa射频(2)、485通信模块(3)、继电器模块(5)、电路管理降压模块(6)和终端外围设备;

所述终端外围设备包括:RS485传感器(4)、LoRa天线(8),以及为所述终端供电的锂电池组(7);

所述主控芯片MCU(1)通过UART串口连接485通信模块(3),与RS485传感器(4)通信获得传感数据;

所述主控芯片MCU(1)通过高速SPI接口连接LoRa射频(2),通过LoRa无线协议完成数据收发功能;

所述继电器模块(5)用于控制RS485传感器(4)和485通信模块(3)的电源通断,在不需要采集数据时断电,所述主控芯片MCU(1)使用通用输入输出GPIO端口连接继电器模块(5);

所述RS485传感器(4)连接485通信模块(3);

所述LoRa天线(8)是外接天线,连接LoRa射频(2);

所述电路管理降压模块(6)是电源管理模块,降压后为其他模块供电;

所述锂电池组(7)连接电路管理降压模块(6);

所述主控芯片MCU(1)、LoRa射频(2)封装在物联网芯片XC30中;

所述RS485传感器(4)包括各类符合Modbus协议的485接口类型农业环境参数监测传感器,用于监测参数,所述监测参数包括:气象参数、土壤参数、水质参数和温室环境参数;

所述LoRa天线(8)是具有增益效果的无线数据收发天线,连接物联网芯片XC30的ANT引脚;

所述锂电池组(7)通过电路管理降压模块(6)为主控芯片MCU(1)和LoRa射频(2)、485通信模块(3)和RS485传感器(4)供电;

所述485通信模块(3)是数据通信协议转换模块,485通信模块(3)的一端是485接口连接RS485传感器(4),另一端UART串口连接主控芯片MCU(1)的UART串口,完成RS485传感器(4)与主控芯片MCU(1)通信的数据转换功能;

所述物联网芯片XC30共有29个引脚,其中供电VDD引脚、接地GND引脚、天线ANT引脚,引脚A3、A9、A10、A13、A14,引脚B10、B11、B13、B14使用;

其中,引脚B10和B11为UART3串口,与485通信模块(3)的UART串口连接,完成传感器数据的收发;

引脚A9和A10为UART1串口;

引脚B13和B14为通用输入输出GPIO引脚,分别连接继电器模块(5)的CTRL_ON和CTRL_OFF输入点,控制RS485传感器(4)与485通信模块(3)电源通断,实现RS485传感器(4)和485通信模块(3)按需开启;

引脚ANT连接LoRa天线(8),引脚VDD和GND连接3.3V直流供电,引脚A13和A14供版本下载、程序烧录、程序跟踪调试Debug使用;

引脚A3为锂电池电压测量数模转换AD的输入口,使用分压电路测量电阻R14对应的电压值V,并计算出当前锂电池的电压为V的11倍;

所述继电器模块(5)用于控制RS485传感器(4)和485通信模块(3)的电源通断,继电器模块(5)包含磁保持型双稳态继电器HFD2-005-M-L2;

所述磁保持型双稳态继电器HFD2/005-M-L2拥有2路线圈,均为DC5V供电;还拥有2路常

开与常闭触点;所述2路线圈分别为:1-16和2-15,线圈1-16是关闭线圈,由CTRL_OFF输入点控制;线圈2-15是开启线圈,由CTRL_ON输入点控制;继电器模块(5)采用MMBT3904三极管,控制线圈通电与断电;当输入点CTRL_ON、CTRL_OFF为高电平时,MMBT3904三极管发射极和集电极导通,继电器线圈得电,常开或常闭触点动作;当CTRL_ON、CTRL_OFF为低电平时,MMBT3904三极管发射极和集电极关断,继电器线圈失电,常开或常闭触点保持原有状态不变;电阻R1、R4与电容C4为MMBT3904三极管Q1基极偏置元件,电阻R1和R4形成分压回路;电阻R2、R5与电容C5为MMBT3904三极管Q2基极偏置元件,电阻R2和R5形成分压回路;当MMBT3904三极管关断时,因线圈电感效应产生自感电动势,二极管D2、D3为其提供能量释放通道,同时电阻R7、R8与电容C6、C7形成吸收电路,用以缓冲MMBT3904三极管开通和关断时刻,MMBT3904三极管所承受的电压、电流;

所述磁保持型双稳态继电器HFD2-05-M-L2包括六个触点,六个触点分两组,分别为4-6-8和9-11-13,4-6-8是5V传感器开关电路,其中触点4接DC-DC降压输出的5V电源,触点6悬空,触点8接RS485传感器(4)供电电源;9-11-13是485通信模块(3)的开关电路,其中触点9接LDO降压输出的3.3V电源,触点11悬空,触点13接485通信模块(3)供电电源;

所述RS485传感器(4)和485通信模块(3)电源接通,物联网芯片XC30的GPIO引脚B13的高电平脉冲引起三极管Q2导通,线圈2-15接通5V电源,触点4和触点8吸合,触点13和触点9吸合,为RS485传感器(4)和485通信模块(3)供电;

所述RS485传感器(4)和485通信模块(3)电源断开,物联网芯片XC30的GPIO引脚B14输出3.3V高电平,引起三极管Q1导通,线圈1-16接通5V电源,引起继电器线圈触点4和触点6吸合,导致RS485传感器(4)5V供电断开;引起触点13和触点11吸合,导致485通信模块(3)3.3V供电断开;

所述电路管理降压模块(6)用于完成降压供电,由于所述物联网芯片XC30(主控芯片MCU(1)和LoRa射频(2))和485通信模块(3)使用3.3V供电,RS485传感器(4)5V供电,故电路管理降压模块(6)需要提供5V和3.3V两种电压;电路管理降压模块(6)选择DC-DC和LDO两种方式串联进行降压,一级DC-DC降压使用降压转换器MP2315GJ,二级LDO降压使用LDO稳压器LP5907MFX-3.3;

一级DC-DC降压使用转换器MP2315GJ,其输入端连接锂电池组(7),输出端连接二级LDO降压的LP5907MFX-3.3的输入端,同时连接继电器模块(5)的触点4;

二级LDO降压使用稳压器LP5907MFX-3.3,其输出端连接物联网芯片XC30的VDD引脚,同时连接继电器模块(5)的触点13;

所述终端具有农业环境数据采集功能,包括启动和周期性工作两个阶段;

其中,在启动阶段,所述终端上电硬件初始化完成后,发送LoRaWan入网请求消息,入网成功后发送注册请求消息,收到注册响应消息后表示注册成功,然后上报电池电压消息;通过注册响应下行消息携带的RS485传感器(4)的查询指令,所述终端能够动态加载RS485传感器(4)的指令,实现即插即用功能,完成各类环境指标的采集;

在周期性工作阶段,终端根据RS485传感器(4)的查询指令,周期性采集RS485传感器(4)的数据,解析封装后通过LoRa消息上报,上报完毕后主控芯片MCU(1)和LoRa射频(2)进入低功耗休眠状态,并关闭继电器模块(5),将RS485传感器(4)和485通信模块(3)断电;

所述终端具有通用环境监测功能,实现各类485传感器的即插即用动态加载,并根据需

求设置采集周期,将采集的数据上报至云端,具体包括如下步骤:

步骤1,在服务器端,定义系统下所有传感器的类型库,包括485的请求指令和响应解析,其中,485的请求指令包括:操作码、寄存器起始和寄存器长度;响应解析包括:寄存器位置、对应的采集参数种类和响应数值处理单位;

步骤2,在服务器端,所述终端接入传感器配置,根据终端实际接入的传感器,配置终端标识DEVEUI对应的传感器类型和传感器的485地址;

步骤3,所述终端发送注册请求消息,注册消息携带终端唯一标识DEVEUI;

步骤4,在服务器端,根据长度16个字节的唯一串号DEVEUI识别所述终端的合法性,发送注册成功或注册失败响应:

如果注册成功,根据DEVEUI查找所述终端下的传感器配置,组合步骤1中配置的传感器485请求指令和步骤2中配置的传感器485地址,生成注册响应消息下发给终端;

其中在所述周期性工作阶段,对应不同传感器的终端采集上报周期能够在服务器端单独配置,并通过注册响应消息发送给终端并生效;

如果注册失败,所述终端下未配置具体的传感器,发送注册拒绝响应,流程结束;

步骤5,所述终端上报电量,所述物联网芯片XC30的A3作为AD引脚,将模拟量转化为数字量,获得电池电压值,并发送电池电压上报消息;所述终端设置超时定时器,超过一定时间重启,重新初始化入网并上报电量;

在周期性工作阶段,工作模式包括:终端休眠、传感器预热与查询、数据发送和数据接收;

所述终端休眠是指终端不需要工作时,主控芯片MCU(1)和LoRa射频(2)进入低功耗休眠状态,RS485传感器(4)和485通信模块(3)断电,节约终端整体功耗;

所述传感器预热与查询是指,RS485传感器(4)的预热时间T_{pre_snr}由传感器的特性决定;

所述数据发送是将采集到的环境参数发送给服务器,数据发送时间T_{tx}按照如下公式计算:

$$Tsym = \frac{2^{SF}}{Bw} \quad (1)$$

$$\mathrm{Npl} = 8 + \max\left((4+CR)\left\lceil\frac{8PL-4SF+28+16CRC-20IH}{4(SF-2D\ )}\right\rceil,\ 0\right) \quad (2)$$

$$T_{tx} = Tsym(6+4.25+Npl) \quad (3)$$

LoRa物理层使用线性扩频的调制方式,将数据编码成Symbol发送,公式(1)计算发送单个Symbol的时长Tsym,SF是扩频因子,Bw为带宽;公式(2)计算长度为PL字节的应用层数据编码成Symbol的个数Npl,CRC是校验码,IH是隐式头部标识,DE是低速优化开关,冗余编码率CR;公式(3)计算数据发送时间T_{tx},其中LoRa无线帧前导码长度为6,起始同步码长度为4.25;

所述数据接收是接收服务器的下行LoRaWan无线参数配置消息,数据接收时间T_{rx}固定为LoRa的两个接收窗口RX1和RX2的时间和;

采用如下公式计算终端进入休眠时长T_{sleep}:

$$T_{sleep} = T_{cycle} - T_{pre_snr} - T_{tx} - T_{rx} \quad (4)$$

其中,T_{cycle}是在步骤4中配置的采集上报周期,T_{pre_snr}表示传感器预热时间,T_{rx}表示数据接收时间。

2.根据权利要求1所述的终端，其特征在于，所述终端通过执行如下步骤完成农业环境数据采集和发送：

步骤S1，终端休眠完成后，主控芯片MCU(1)从停止模式启动；

步骤S2，进入传感器预热阶段，主控芯片MCU(1)电平触发继电器模块(5)线圈吸合为RS485传感器(4)供电；

步骤S3，RS485传感器(4)的485查询与响应：终端按照RS485传感器(4)查询指令获取到RS485传感器(4)的采集数据，RS485传感器(4)返回485响应后通过UART接口发送给主控芯片MCU(1)，主控芯片MCU(1)解析成功后关闭继电器模块(5)线圈；

步骤S4，主控芯片MCU(1)解析485响应后，通过LoRaWan网络上报给服务器，进行数据解析，具体包括如下步骤：

步骤S4-1，终端顺序采集RS485传感器(4)的数值，将485响应中的485地址、寄存器长度、寄存器数值作为三元组，将RS485传感器(4)响应生成的三元组数组作为传感器上报消息发送至服务器端；

步骤S4-2，云服务器接收从LoRaWan网络上报的终端消息，即三元组数组，顺序解析数组取得485地址，根据485地址从步骤2定义的配置中取得传感器类型，进而从步骤1定义的传感器类型库中获得传感器的采集参数种类和数值单位，从而获得要监测的具体环境参数值；

步骤S5，步骤S4中的数据包上报完毕后，等待服务器下行消息；下行消息用于优化LoRaWan无线参数配置；

步骤S6，LoRa通信模块(2)进入休眠模式，主控芯片MCU(1)进入停止模式，等待下一次采集周期。

一种低功耗通用农业环境监测终端

技术领域

[0001] 本发明涉及一种低功耗通用农业环境监测终端。

背景技术

[0002] 生产环境物联网数据采集是农业大数据重要的数据来源,对智慧农业生产模型、数据分析、智能化管控与异常情况预警有极其重要的作用。农业生产通常不具备工业场景下的环境稳定、市电供电等条件;大田种植区域大、范围广且受强关照、雨雪天气影响;池塘养殖水质监测布点分散,供电有要求;设施生产大棚内常年保持高温、高湿环境。受上述应用场景的制约,农业物联网数据采集终端应具备“无线+本地供电”两个特点。

[0003] 无线低功耗农业环境监测终端可满足上述各类农业生产场景要求,其本身使用电池供电,无线收发数据,可避免电源线对耕地、灌溉等农事操作的不利影响。尤其是在当前“双碳”目标要求背景下,低成本、低能耗、高效稳定的环境监测必将是智慧农业环境监测技术长远的发展方向。

发明内容

[0004] 发明目的:本发明所要解决的技术问题是在复杂多变、供电受限的农业生产场景下,持续、稳定地采集各类农业环境数据。本发明提供的LoRa低功耗通用终端具有小型化、可移动、免施工等特点,适用于农业大田、设施、养殖等领域的水质、土壤、气象及气体的在线监测。

[0005] 本发明提供了一种低功耗通用农业环境监测终端,包括主控MCU(1)、LoRa射频(2)、485通信模块(3)、继电器模块(5)、电路管理降压模块(6)和终端外围设备;

[0006] 所述终端外围设备包括:RS485传感器(4)、LoRa天线(8),以及为所述终端供电的锂电池组(7);

[0007] 所述主控MCU(1)通过UART(一种通用串行数据总线)串口连接485通信模块(3),与RS485传感器(4)通信获得传感数据;

[0008] 所述主控MCU(1)通过高速SPI接口(一种串行外围设备接口)连接LoRa射频(2),通过LoRa无线协议完成数据收发功能;

[0009] 所述继电器模块(5)用于控制RS485传感器(4)和485通信模块(3)的电源通断,在不需要采集数据时断电,所述主控MCU(1)使用通用输入输出GPIO端口连接继电器模块(5);

[0010] 所述RS485传感器(4)连接485通信模块(3);

[0011] 所述LoRa天线(8)是外接天线,连接LoRa射频(2);

[0012] 所述电路管理降压模块(6)是电源管理模块,降压后为其他模块供电;

[0013] 所述锂电池组(7)连接电路管理降压模块(6)。

[0014] 所述主控MCU(1)作为一种嵌入式单片机,用于传感器数据采集、数据发送;

[0015] 所述主控MCU(1)、LoRa射频(2)封装在物联网芯片XC30中。

[0016] 所述RS485传感器(4)包括各类符合Modbus协议的485接口类型农业环境参数监测

传感器，用于监测参数，所述监测参数包括：气象参数、土壤参数、水质参数和温室环境参数；

[0017] 所述LoRa天线(8)是具有增益效果的无线数据收发天线，连接物联网芯片XC30的ANT引脚；

[0018] 所述锂电池组(7)通过电路管理降压模块(6)为主控MCU(1)和LoRa射频(2)、485通信模块(3)和RS485传感器(4)供电；

[0019] 所述485通信模块(3)是数据通信协议转换模块，485通信模块(3)的一端是485接口连接RS485传感器(4)，另一端UART串口连接主控MCU(1)的UART串口，完成RS485传感器(4)与主控MCU(1)通信的数据转换功能；

[0020] 本发明一实施方式中，所述物联网芯片XC30采用南京易通汇联公司的一款开放内部MCU的LoRa模组，XC30中的主控MCU(1)对用户开放可编程，用户可将终端业务流程的逻辑实现与厂家提供的LoRaWan(LoRa联盟发布的LoRa远距离通信网络架构与通信协议)协议栈对应的Lib库进行编译链接，烧录到主控MCU(1)中，由此可节约一个用户MCU，降低成本也降低了功耗。

[0021] 所述物联网芯片XC30共有29个引脚，其中供电VDD引脚、接地GND引脚、天线ANT引脚，引脚A3、A9、A10、A13、A14，引脚B10、B11、B13、B14使用；其余引脚未用，由于XC30未用引脚不会引起漏电，故可直接悬空；

[0022] 其中，引脚B10和B11为UART3串口，与485通信模块(3)的UART串口连接，完成传感器数据的收发；

[0023] 引脚A9和A10为UART1串口，可使用UART串口线连接UART1串口进行软件调试、观看打印输出；

[0024] 引脚B13和B14为通用输入输出GPIO引脚，分别连接继电器模块(5)的CTRL_ON和CTRL_OFF输入点，控制RS485传感器(4)与485通信模块(3)电源通断，实现RS485传感器(4)和485通信模块(3)按需开启；

[0025] 引脚ANT连接LoRa天线(8)，引脚VDD和GND连接3.3V直流供电，引脚A13和A14供版本下载、程序烧录、程序跟踪调试Debug使用；

[0026] 引脚A3为锂电池电压测量数模转换AD的输入口，使用分压电路测量电阻R14对应的电压值V，并计算出当前锂电池的电压为V的11倍。

[0027] 所述继电器模块(5)用于控制RS485传感器(4)和485通信模块(3)的电源通断，继电器模块(5)包含磁保持型双稳态继电器HFD2-005-M-L2，其突出特点，仅需开关动作时消耗能量，故只需吸合功率，无需保持功率，大大节省传感器运行时所需要的线圈保持功耗；

[0028] 所述磁保持型双稳态继电器HFD2/005-M-L2拥有2路线圈，均为DC5V供电；还拥有2路常开与常闭触点；所述2路线圈分别为：1-16和2-15，线圈1-16是关闭线圈，由CTRL_OFF输入点控制；线圈2-15是开启线圈，由CTRL_ON输入点控制；继电器模块(5)采用MMBT3904三极管，控制线圈通电与断电；当输入点CTRL_ON、CTRL_OFF为高电平时，MMBT3904三极管发射极和集电极导通，继电器线圈得电，常开或常闭触点动作；当CTRL_ON、CTRL_OFF为低电平时，MMBT3904三极管发射极和集电极关断，继电器线圈失电，常开或常闭触点保持原有状态不变；电阻R1、R4与电容C4为MMBT3904三极管Q1基极偏置元件，电阻R1和R4形成分压回路；电阻R2、R5与电容C5为MMBT3904三极管Q2基极偏置元件，电阻R2和R5形成分压回路；当

MMBT3904三极管关断时，因线圈电感效应产生自感电动势，二极管D2、D3为其提供能量释放通道，同时电阻R7、R8与电容C6、C7形成吸收电路，用以缓冲MMBT3904三极管开通和关断时刻，MMBT3904三极管所承受的电压、电流；

[0029] 所述磁保持型双稳态继电器HFD2-05-M-L2包括六个触点，六个触点分两组，分别为4-6-8和9-11-13，4-6-8是5V传感器开关电路，其中触点4接DC-DC降压输出的5V电源，触点6悬空(断开)，触点8接RS485传感器(4)供电电源；9-11-13是485通信模块(3)的开关电路，其中触点9接LDO降压输出的3.3V电源，触点11悬空(断开)，触点13接485通信模块(3)供电电源；

[0030] 所述RS485传感器(4)和485通信模块(3)电源接通，物联网芯片XC30的GPIO引脚B13的高电平脉冲引起三极管Q2导通，线圈2-15接通5V电源，触点4和触点8吸合，触点13和触点9吸合，为RS485传感器(4)和485通信模块(3)供电；

[0031] 所述RS485传感器(4)和485通信模块(3)电源断开，物联网芯片XC30的GPIO引脚B14输出3.3V高电平，引起三极管Q1导通，线圈1-16接通5V电源，引起继电器线圈触点4和触点6(悬空)吸合，导致RS485传感器(4)5V供电断开；引起触点13和触点11(悬空)吸合，导致485通信模块(3)3.3V供电断开。

[0032] 所述电源管理降压模块(6)用于完成降压供电，由于所述物联网芯片XC30(主控MCU(1)和LoRa射频(2))和485通信模块(3)使用3.3V供电，RS485传感器(4)5V供电，故电源管理降压模块(6)需要提供5V和3.3V两种电压；电源管理降压模块(6)选择DC-DC(直流-直流转换)和LDO(线性稳压)两种方式串联进行降压，一级DC-DC降压使用降压转换器MP2315GJ，二级LDO降压使用LDO稳压器LP5907MFX-3.3；

[0033] 一级DC-DC降压使用转换器MP2315GJ，其输入端连接锂电池组(7)，输出端连接二级LDO降压的LP5907MFX-3.3的输入端，同时连接继电器模块(5)的触点4；

[0034] 二级LDO降压使用稳压器LP5907MFX-3.3，其输出端连接物联网芯片XC30的VDD引脚，同时连接继电器模块(5)的触点13；

[0035] 所述DC-DC降压方式，优点在于：锂电池12V降压到5V，压差大，使用DC-DC方式电源转换效率高，可减少转换损耗；所述LDO降压方式，优点在于：将5V降压至3.3V，压差小，输出电压纯净噪声干扰少，利于LoRa射频(2)稳定工作。

[0036] 所述终端具有农业环境数据采集功能，包括启动和周期性工作两个阶段；

[0037] 其中，在启动阶段，所述终端上电硬件初始化完成后，发送LoRaWan入网请求消息，入网成功后发送注册请求消息，收到注册响应消息后表示注册成功，然后上报电池电压消息；通过注册响应下行消息携带的RS485传感器(4)的查询指令，所述终端能够动态加载RS485传感器(4)的指令，实现即插即用功能，完成各类环境指标的采集；

[0038] 在周期性工作阶段，终端根据RS485传感器(4)的查询指令，周期性采集RS485传感器(4)的数据，解析封装后通过LoRa消息上报，上报完毕后主控MCU(1)和LoRa射频(2)进入低功耗休眠状态，并关闭继电器模块(5)，将RS485传感器(4)和485通信模块(3)断电。

[0039] 所述终端具有通用环境监测功能，实现各类485传感器的即插即用动态加载，并根据需求设置采集周期，将采集的数据上报至云端；所述通用性体现在：统一终端版本(程序一致)，且不同终端可接入的485传感器的种类和数量可各不相同，具体包括如下步骤：

[0040] 步骤1，在服务器端，定义系统下所有传感器的类型库，包括485的请求指令和响应

解析,其中,485的请求指令包括:操作码、寄存器起始和寄存器长度;响应解析包括:寄存器位置、对应的采集参数种类和响应数值处理单位;

[0041] 步骤2,在服务器端,所述终端接入传感器配置,根据终端实际接入的传感器,配置终端标识DEVEUI(终端设备唯一标识,长16个字节)对应的传感器类型和传感器的485地址;

[0042] 步骤3,所述终端发送注册请求消息,注册消息携带终端唯一标识DEVEUI;

[0043] 步骤4,在服务器端,根据长度16个字节的唯一串号DEVEUI识别所述终端的合法性,发送注册成功或注册失败响应:

[0044] 如果注册成功,根据DEVEUI查找所述终端下的传感器配置,组合步骤1中配置的传感器485请求指令(操作码、寄存器起始地址和寄存器长度)和步骤2中配置的传感器485地址,生成注册响应消息下发给终端;

[0045] 其中在所述周期性工作阶段,对应不同传感器的终端采集上报周期能够在服务器端单独配置,并通过注册响应消息发送给终端并生效;

[0046] 如果注册失败,所述终端下未配置具体的传感器,发送注册拒绝响应,流程结束;

[0047] 步骤5,所述终端上报电量,所述物联网芯片XC30的A3作为AD(模拟/数字)引脚,将模拟量转化为数字量,获得电池电压值,并发送电池电压上报消息;所述终端设置超时定时器,超过24小时重启,重新初始化入网并上报电量。

[0048] 在周期性工作阶段,工作模式包括:终端休眠、传感器预热与查询、数据发送和数据接收;

[0049] 所述终端休眠是指终端不需要工作时,主控MCU(1)和LoRa射频(2)进入低功耗休眠状态,RS485传感器(4)和485通信模块(3)断电,节约终端整体功耗;

[0050] 所述传感器预热与查询是指,RS485传感器(4)的预热时间T_{pre_snr}由传感器的特性决定,即通电工作至稳定的等待时长,而传感器查询响应时间很短,这里忽略;

[0051] 所述数据发送是将采集到的环境参数发送给服务器,数据发送时间T_{tx}由LoRa无线参数决定,在带宽Bw为125kHz的前提下,由扩频因子SF,数据包长度PL、冗余编码率CR等参数决定;数据发送时间按照如下公式计算:

[0052] $$Tsym = \frac{2^{SF}}{Bw} \quad (1)$$

[0053] $$\mathrm{Npl} = 8 + \max\left((4+CR)\left\lceil\frac{8PL-4SF+28+16CRC-20IH}{4(SF-2DE)}\right\rceil, 0\right) \quad (2)$$

[0054] T_{tx}=Tsym(6+4.25+Npl) (3)

[0055] LoRa物理层使用线性扩频的调制方式,将数据编码成Symbol发送,公式(1)计算发送单个Symbol的时长Tsym,SF是扩频因子,Bw为带宽;公式(2)计算长度为PL字节的应用层数据编码成Symbol的个数Npl,CRC是校验码(上行为1,下行是0),IH是隐式头部标识(当使能Header时为0),DE是低速优化开关(关闭时为0),冗余编码率CR(取1～4);公式(3)计算数据发送时间T_{tx},其中LoRa无线帧前导码长度为6,起始同步码长度为4.25;

[0056] 所述数据接收是接收服务器的下行LoRaWan无线参数(SF、TP等)配置消息,数据接收时间T_{rx}固定为LoRa的两个接收窗口RX1和RX2的时间和;

[0057] 采用如下公式计算终端进入休眠时长T_{sleep}:

[0058] T_{sleep}=T_{cycle}-T_{pre_snr}-T_{tx}-T_{rx} (4)

[0059] 其中，T_{cycle}是在步骤4中配置的采集上报周期，T_{pre_snr}表示传感器预热时间，T_{rx}表示数据接收时间。

[0060] 所述终端通过执行如下步骤完成农业环境数据采集和发送：

[0061] 步骤S1，终端休眠完成后，主控芯片MCU(1)从停止模式启动；

[0062] 步骤S2，进入传感器预热阶段，主控芯片MCU(1)电平触发继电器模块(5)线圈吸合为RS485传感器(4)供电；

[0063] 步骤S3，RS485传感器(4)的485查询与响应：终端按照RS485传感器(4)查询指令获取到RS485传感器(4)的采集数据，RS485传感器(4)返回485响应后通过UART接口发送给主控芯片MCU(1)，主控芯片MCU(1)解析成功后关闭继电器模块(5)线圈(传感器断电)；

[0064] 步骤S4，主控芯片MCU(1)解析485响应后，通过LoRaWan网络上报给服务器，进行数据解析，具体包括如下步骤：

[0065] 步骤S4-1，终端顺序采集RS485传感器(4)的数值，将485响应中的485地址、寄存器长度、寄存器数值作为三元组，将RS485传感器(4)响应生成的三元组数组作为传感器上报消息发送至服务器端；

[0066] 步骤S4-2，云服务器接收从LoRaWan网络上报的终端消息，即三元组数组，顺序解析数组取得485地址，根据485地址从步骤2定义的配置中取得传感器类型，进而从步骤1定义的传感器类型库中获得传感器的采集参数种类和数值单位，从而获得要监测的具体环境参数值；

[0067] 步骤S5，步骤S4中的数据包上报完毕后，等待服务器下行消息；下行消息用于优化LoRaWan无线参数(SF、TP等)配置；

[0068] 步骤S6，LoRa通信模块(2)进入休眠模式，主控芯片MCU(1)进入停止模式，等待下一次采集周期。

[0069] 本发明具有如下有益效果：

[0070] 1)采集终端具备的功耗低、移动性、电池供电、无线传输等特点，不仅降低安装门槛，节省施工和维护的成本，而且提高了系统的稳定性和可用度。

[0071] 2)休眠策略，保证按时采集，休眠电流低。

[0072] 3)应用LoRa扩频调制技术，实现低功耗(扩频因子SF与发送功耗TP调节)、远距离(大于5千米)、高灵敏度(接收RSSI地址-140dbm)数据传输；基于LoRaWan规范，通过终端、基站、通信云服务组网，标准化农业环境监测终端可接入LoRaWan网络，实现广泛互联互通功能。

[0073] 4)RS485传感器即插即用功能，无需基于不同传感器实现不同的终端程序版本，通用终端统一版本实现不同种类和数量RS485传感器的快速接入与响应数据解析、上传。

附图说明

[0074] 下面结合附图和具体实施方式对本发明做更进一步的具体说明，本发明的上述和/或其他方面的优点将会变得更加清楚。

[0075] 图1是终端系统框图。

[0076] 图2是XC30引脚功能说明图。

[0077] 图3是继电器模块电路图。

[0078] 图4是电源管理降压模块的一级降压(12V降压至5V)电路图。

[0079] 图5是电源管理降压模块的二级降压(5V降压至3.3V)电路图。

[0080] 图6是终端LoRa消息时序电路图。

[0081] 图7是终端启动和周期工作的流程图。

具体实施方式

[0082] 本发明提供了一种低功耗通用农业环境监测终端,所述终端设计分为硬件和软件两部分,图1是终端的系统框图,终端使用主控MCU(1)和LoRa射频(2)合一的低功耗可休眠XC30物联网芯片,集成485通信模块(3)、继电器模块(5)和电路管理降压模块(6),实现农业环境监测的数据采集、解析与上报;软件实现上,通过休眠策略节约终端待机状态下的耗电量,通过合理设置LoRa无线参数来优化数据发送阶段的功耗,通过终端注册机制实现各类RS485传感器的即插即用。

[0083] 所述终端还包括终端外围设备,所述终端外围设备包括:RS485传感器(4)、LoRa天线(8),以及为所述终端供电的锂电池组(7);

[0084] 所述主控MCU(1)作为一种嵌入式单片机,完成传感器数据采集、数据发送等核心调度功能。

[0085] 所述LoRa射频(2)完成终端数据收发功能,主控MCU(1)使用高速SPI接口(串行外围设备接口)连接LoRa射频(2),通过LoRa无线协议完成数据收发功能。

[0086] 所述485通信模块(3)是数据通信协议转换模块,485通信模块(3)的一端是485接口连接RS485传感器(4),另一端UART串口连接主控MCU(1)的UART串口B10和B11,完成RS485传感器(4)与主控MCU(1)两者通信的数据转换功能。

[0087] 所述RS485传感器(4)包括各类符合Modbus协议的485接口类型农业环境参数监测传感器,用于监测参数,所述监测参数包括:气象参数、土壤参数、水质参数和温室环境参数。RS485传感器(4)连接485通信模块(3)的485接口。

[0088] 所述继电器模块(5)用来控制RS485传感器(4)和485通信模块(3)的电源通断,在不需要采集数据时断电,继电器模块(5)的控制输入点CTRL_ON和CTRL_OFF连接主控MCU(1)的通用I/O端口B13和B14。

[0089] 所述电路管理降压模块(6)是电源管理模块,一端连接锂电池组(7),降压后的另外一端连接主控MCU(1)、LoRa射频(2)、485通信模块(3)、RS485传感器(4)、继电器模块(5)的供电端进行供电。由于所述物联网芯片XC30(主控MCU(1)和LoRa射频(2))和485通信模块(3)使用3.3V供电,RS485传感器(4)5V供电,故电源管理降压模块(6)需要提供5V和3.3V两种电压。

[0090] 所述锂电池组(7)通过电路管理降压模块(6)为其他模块供电。

[0091] 所述LoRa天线(8)是具有增益效果的无线数据收发天线,连接物联网芯片XC30的ANT引脚。

[0092] 硬件低功耗设计方面:

[0093] 在主控和通信芯片方面,使用易通汇联低功耗XC30物联网芯片,该芯片封装了主控STM32L431CBT6和LoRa SX1268无线传输模块,两者使用片内SPI(串行外围设备接口)总线直接通信,有效降低线路上功耗损耗。主控MCU(1)支持低功耗运行、睡眠、停止模式,其中

停止模式下电流低至6uA;LoRa射频(2)支持无线发射功率2dBm～19dBm范围可调,高接收灵敏度,成功解调的RSSI可低至-140dBm。主控MCU可集成LoRaWan协议栈和用户应用程序,应用OpenMCU方案,用户使用共享MCU实现业务编程,可节约一个用户业务MCU,从而节约成本降低功耗。

[0094] 图2是XC30引脚图,XC30共有29个对外引脚,除了引脚供电VDD、接地GND、天线ANT,还有A0-A3、A9-A15、B2-B15共计25个引脚,这25个引脚可作为通用输入输出GPIO引脚,也可复用为I2C(一种简单的双向两线制总线协议)、UART(一种通用串行数据总线)、SPI(一种串行外围设备接口)、CAN(一种控制现场总线)以及模拟转数字AD接口所对应的引脚。

[0095] 所述引脚A0、A1、A2、A3可复用为模数转换AD接口,对采集模拟信号并转换为数字信号;

[0096] 所述引脚A9、A10可复用为I2C接口,A9对应时钟线SCL,A10对应数据线SDA;同时,A9、A10也可复用为UART接口,A9对应数据发送TX接口、A10对应数据接收RX接口;

[0097] 所述引脚A11、A12可复用为CAN接口,A11对应数据发送RX接口、A12对应数据接收TX接口;

[0098] 所述引脚A13、A14可复用为STM32程序烧录SWD接口,其中A13为串行数据输入信号SWDIO,A14为串行时钟输入SWCLK接口;

[0099] 所述引脚A15、B3、B4、B5可复用为SPI接口,分别对应设备使能信号NSS、时钟信号SCK、主设备数据输入MISO和主设备数据输出MOSI;

[0100] 所述引脚B6、B7可复用为I2C接口,B6对应时钟线SCL、B7对应数据线SDA;同时,B6、B7也可复用为UART接口,B6对应数据发送TX接口、B7对应数据接收RX接口;

[0101] 所述引脚B8、B9可复用为CAN接口,B8对应数据发送RX接口、B9对应数据接收TX接口;

[0102] 所述引脚B10、B11可复用为UART接口,B10对应数据发送TX接口、B11对应数据接收RX接口;

[0103] 所述引脚B13、B14可复用I2C接口,B13对应时钟线SCL、B14对应数据线SDA;

[0104] 所述引脚B12、B13、B14、B15也可复用为SPI接口,分别对应设备使能信号NSS、时钟信号SCK、主设备数据输入MISO和主设备数据输出MOSI。

[0105] 专利实施中,引脚A3、A9、A10、A13、A14,引脚B10、B11、B13、B14使用;其余引脚未用,由于XC30未用引脚不会引起漏电,故可直接悬空;

[0106] 其中,引脚B10和B11为UART3引脚,UART3串口与485通信模块(3)的UART串口连接,XC30使用UART3串口与485通信模块(3)的UART串口完成传感器数据的收发;

[0107] 引脚A9和A10为UART1调试打印串口,能够使用UART串口线连接UART1串口进行软件调试、观看打印输出;

[0108] 引脚B13和B14为GPIO引脚,分别连接继电器模块(5)的CTRL_ON和CTRL_OFF输入点,控制RS485传感器(4)与485通信模块(3)电源通断,实现RS485传感器(4)和485通信模块(3)按需开启;

[0109] 引脚ANT连接LoRa天线(8),引脚VDD和GND连接3.3V直流供电,引脚A13和A14供版本下载、程序烧录、程序跟踪调试Debug使用;

[0110] 引脚A3为锂电池电压测量数模转换AD的输入口,使用分压电路测量电阻R14对应

的电压值V,并计算出当前锂电池的电压为V的11倍。

[0111] 图3是继电器模块(5)的控制电路图,使用磁保持型双稳态继电器HFD2-005-M-L2控制RS485传感器(4)和485通信模块(3)的电路通断。5V传感器按需供电,在不需要获取数据时断电节约电量,磁保持继电器HFD2-005-M-L2无需持续电流来保持继电器的状态,仅需动作执行瞬间(主控MCU(1)引脚B13和B14的脉冲就可触发开关操作)消耗能量,可避免GPIO持续拉高导致的放电功耗。

[0112] FD2-005-M-L2的控制电路参考其Datasheet用户手册,FD2-005-M-L2本身有两个线圈(线圈1-16和线圈2-15)和六个触点(4-6-8和9-11-13)。两个线圈分别控制传感器电路的开和关,线圈1-16是关闭线圈,输入点CTRL_OFF(连接MCU的B14引脚)控制线圈1-16吸合,实现传感器断电;输入点CTRL_ON(连接MCU的B13引脚)控制2-15线圈吸合,实现传感器电路接通。六个触点分两组,4-6-8是5V传感器开关电路,其中触点4接DC-DC降压输出的5V电源,触点6悬空(断开),触点8接RS485传感器(4)供电电源;9-11-13是485通信模块(3)的开关电路,其中触点9接LDO降压输出的3.3V电源,触点11悬空(断开),触点13接485通信模块(3)供电电源;

[0113] 继电器模块(5)采用宏发超小型、高灵度磁保持型继电器HFD2/005-M-L2,控制传感器回路通电与断电。其突出特点,只需吸合功率,无需保持功率,大大节省传传感器运行时所需要的线圈保持功耗。

[0114] HFD2/005-M-L2,拥有2路线圈,均为DC5V供电;拥有2路常开与常闭触点。本装置采用MMBT3904三极管(Q1和Q2),控制线圈通电与断电。当输入点CTRL_ON、CTRL_OFF为高电平时,三极管(Q1和Q2)发射极和集电极导通,继电器线圈得电,常开或常闭触点动作;当CTRL_ON、CTRL_OFF为低电平时,三极管(Q1和Q2)发射极和集电极关断,继电器线圈失电,常开或常闭触点保持原有状态不变。电阻R1、电阻R4、电容C4,为三极管Q1基极偏置元件,电阻R1、电阻R4,形成分压回路;同理电阻R2、电阻R5、电容C5为三极管Q2基极偏置元件,电阻R2、电阻R5形成分压回路。当三极管(Q1和Q2)关断时,因线圈电感效应产生自感电动势,D2、D3两个二极管为其提供能量释放通道,同时电阻R7、电容C6,电阻R8、电容C7为吸收电路,用以缓冲三极管(Q1和Q2)开通和关断时刻,其所承受的电压、电流。

[0115] 当传感器断电,MCU的B14引脚触发一次高电平脉冲,三极管Q1连通,线圈1-16接通5V电源,引起继电器线圈触点4(连接DC-DC输出5.5V供电)和触点6(悬空)吸合,导致传感器5V供电断开;引起触点13(连接LDO输出3.3V供电)和触点11(悬空)吸合,导致485模块3.3V供电断开。

[0116] 当传感器通电,MCU的B13引脚触发一次高电平脉冲,三极管Q2连通,线圈2-15接通5V电源,引起继电器线圈触点4(连接DC-DC输出5.5V供电)和触点8(连接传感器电源,Sensor 5V)吸合,导致传感器5V供电接通;引起触点11(连接LDO输出3.3V供电)和触点13(连接485通信模块,RS484 3.3V)吸合,导致485模块3.3V供电接通。

[0117] 为延长终端的持续工作时间,在电源选择上使用12V 2000mAh的锂电池降压后为RS485传感器(4)(降至5V)和XC30、485通信模块(3)(降至3.3V)供电。DC-DC降压与LDO都可以实现直流降压功能,根据两者适合的场景,将锂电池12V降压到5V,压差大,用转换效率高的DC-DC降压模块MP2315GJ,可减少转换损耗。图4所述一级DC-DC降压电路图,MP2315GJ外围电路图参考MP2315GJ Datasheet用户手册,MP2315GJ共八个引脚分别为:高性能异步调

制模式引脚AAM、输入电压引脚IN、输出电压引脚SW、系统接地引脚GND、自举升压引脚BST、输出使能引脚EN/SYNC、偏置输入引脚VCC、反馈引脚FB。12V锂电池接入MP2315GJ的输入IN引脚，输出电压5V从SW引脚获得。

[0118] 所述一级降压电路采用仙童公司高效率同步降压型开关电源芯片MP2315GJ，将外部电池输入电压，降至恒定5V，为整机、传感器供电。该芯片供电电压宽，从4.5V，至24V，压差低，低至0.8V。对外5V输出时，最大电流支持3A。MP2315GJ的6脚为输出使能脚，高电平有效，3脚为电压输出引脚，电感L1作为整流电感，具有平波作用；三个电阻R10、R11、R12，决定输出电压值，四个电容C11、C12、C13、C14都为去耦电容，用作滤波作用。

[0119] 使用LDO稳压器LP5907MFX-3.3将5V降压至3.3V，供XC30、485通信模块(3)，降压压差小，输出电压纯净噪声干扰少，利于SX1268稳定工作。图5是二级LDO降压电路图，LP5907MFX的外围电路参考LP5907MFX Datasheet用户手册，LP5907MFX的五个引脚分别为：供电输入引脚VIN、公共接地引脚GND、使能输入引脚EN、悬空引脚NC、调节电压输出引脚OUT。其中DC-DC输出的5V电压接LP5907MFX的VIN引脚，作为LDO输入电压，输出电压3.3V从OUT引脚获得。

[0120] 所述二级降压电路采用TI超低噪声、低压差电源芯片LP5907，为微处理器、无线芯片、提供恒定的3.3V电压，最大250mA电流。该芯片专门为射频和模拟电路而设计，可满足低噪声、高电源抑制比、低静态电流以及低线路或负载瞬态响应等要求。其中，电容C15、C16、C17，为去耦滤波电容，电容C18为电解电容，起稳压作用。

[0121] 软件低功耗设计方面：

[0122] 低功耗农业通用采集终端的通用性体现在：可集成各类485传感器采集相应的环境参数。由于不同485传感器的指令各不相同，而通用农业终端本身是无差别的，故将485传感器指令通过云端下发，由此实现终端程序版本的统一，完成传感器的动态接入、即插即用功能。RS485主从通信方式(终端主，传感器从)，其“查询—响应”问询方式如表1、表2。表1是485查询指令格式(终端->传感器)，表2是485响应指令格式(传感器->终端)：

[0123] 表1

[0124]

地址	操作码	起始寄存器	寄存器长度	校验码
1字节	1字节	2字节	2字节	2字节

[0125] 表2

[0126]

地址	操作码	寄存器长度	寄存器对应数值	校验码
1字节	1字节	1字节	长度值N字节	2字节

[0127] RS485传感器查询指令共有八个字节，包括：地址，操作码，起始寄存器、寄存器长度和校验码，其中校验码由前六个字节使用CRC16算法计算得出。故对接入终端的传感器，终端需要获得对应传感器的前六个字节信息。

[0128] 终端启动阶段入网成功后，发送注册请求消息携带串号DEVEUI，服务器收到注册请求后，查找该终端下接入的485传感器列表，将对应的传感器指令(前六个字节)数组通过注册响应下发给终端。

[0129] 终端周期性工作阶段，收到传感器485响应信息后，只是将485响应中的地址、寄存器长度和寄存器对应的数值上传给服务器，由服务器完成数据解析与处理。对终端来说，终端只透明上报485响应，而不关心响应的内容。

[0130] 结合终端工作流程图7与LoRa消息流程图6,通用农业采集终端功能分为启动阶段和周期性工作阶段,

[0131] 启动阶段,具体流程如下:

[0132] S1,服务器端,定义系统下所有传感器的类型库,包括485的请求指令和响应解析,485请求包括:操作码、寄存器起始和寄存器长度;响应解析包括:寄存器位置、对应的采集参数种类和响应数值处理单位。

[0133] S2,服务器端,终端接入传感器配置,根据终端实际接入的传感器,配置终端标识DEVEUI对应的传感器类型(从S1中选择)以及传感器的485地址。

[0134] S3,终端启动阶段,上电硬件初始化完成后,发送LoRaWan入网请求Join消息,

[0135] S4,终端启动阶段,终端发送注册请求消息,注册消息携带终端唯一标识DEVEUI

[0136] S5,服务器端,云端根据DEVEUI识别该终端的合法性,发送注册成功或注册失败响应

[0137] S5.1注册成功,根据DEVEUI查找该终端下的传感器配置,组合S1中配置的传感器类型(操作码、寄存器起始和寄存器长度)和S2中配置的传感器485地址,以及采集数据上报周期,生成注册响应消息下发给终端。

[0138] S5.2注册失败,该终端下未配置具体的传感器,发送注册拒绝响应,流程结束。

[0139] S6终端上报电量,XC30的A3引脚通过模拟转数字采集获得电池电压,发送电池电压上报消息。终端设置超时定时器,超过24小时重启,重新初始化入网并上报电量。

[0140] 终端周期性工作模式分为:终端休眠、传感器预热与查询、数据发送和数据接收四个阶段。其中,传感器预热时间由电化学传感器的特性决定,即通电工作至稳定的等待时长;数据接收时间固定为LoRa的两个接收窗口RX1和RX2的时间和。发送数据时间和休眠时间可通过公式3和公式4计算得到。

[0141] 周期性工作阶段,具体流程如下:

[0142] S1终端休眠完成后,MCU从停止模式启动;

[0143] S2进入传感器预热阶段,MCU电平触发继电器线圈吸合为传感器供电;

[0144] S3传感器的485查询与响应,终端按照传感器RS485查询指令获取到传感器的采集数据,传感器返回485响应后通过UART接口发送给MCU,MCU解析后成功后即可关闭继电器线圈(传感器断电);

[0145] S4数据封包通过LoRaWan网络上报给云服务器进行传感器数据解析,所述上报消息解析功能,由终端上报,云服务器端进行解析及后续数据处理。包含以下两个步骤:

[0146] 1)终端顺序采集各传感器的数值,将485响应中的485地址、寄存器长度、寄存器数值作为三元组,将各传感器响应生成的三元组数组作为传感器上报消息发送至云服务器。

[0147] 2)云端服务器接收从LoRa网络上报的终端消息,即S5中的三元组数组,顺序解析数组取得485地址,根据地址从S2定义的配置中取得传感器类型,进而从S1定义的传感器类型库中获得该传感器的采集参数种类及数值单位,从而获得要监测的具体环境参数值。

[0148] S5数据包发送完毕后,等待下行消息;下行消息主要完成MAC层LoRa无线参数配置

[0149] S6 LoRa进入休眠模式,MCU进入停止模式,等待下一次采集周期的到来。

[0150] 本发明提供了一种低功耗通用农业环境监测终端,具体实现该技术方案的方法和途径很多,以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人

员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。本实施例中未明确的各组成部分均可用现有技术加以实现。

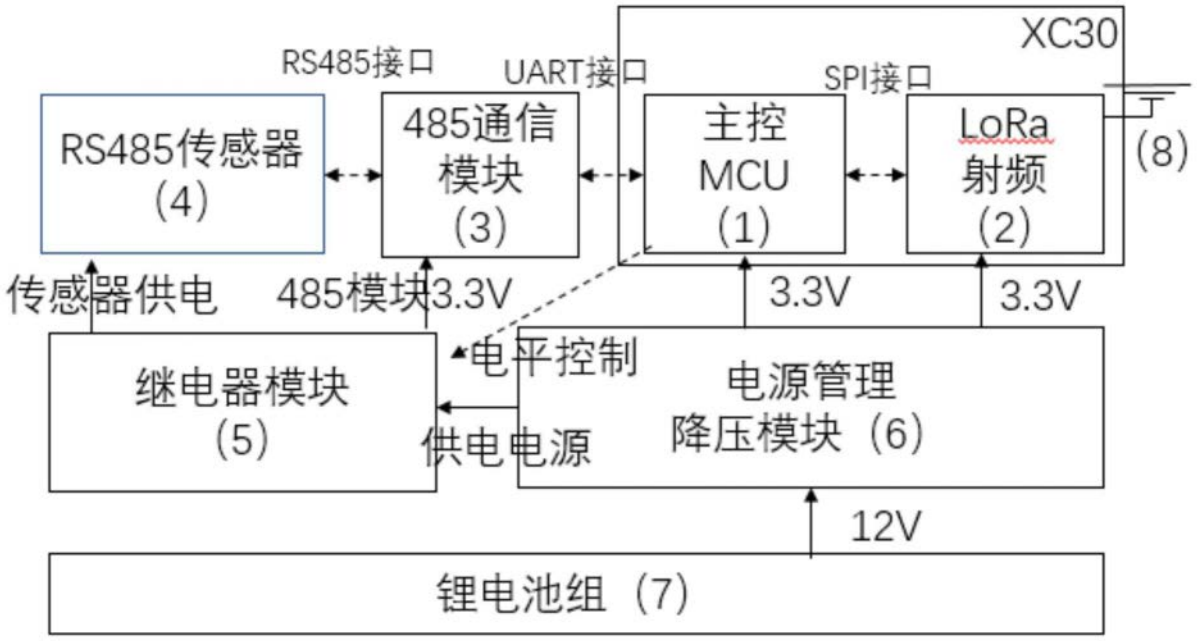

XC30
RS485接口
UART接口
SPI接口
RS485传感器
(4)
485通信
模块
(3)
主控
MCU
(1)
LoRa
射频
(2)
(8)
传感器供电
485模块3.3V
3.3V
3.3V
继电器模块
(5)
电平控制
供电电源
电源管理
降压模块（6）
12V
锂电池组（7）

图1

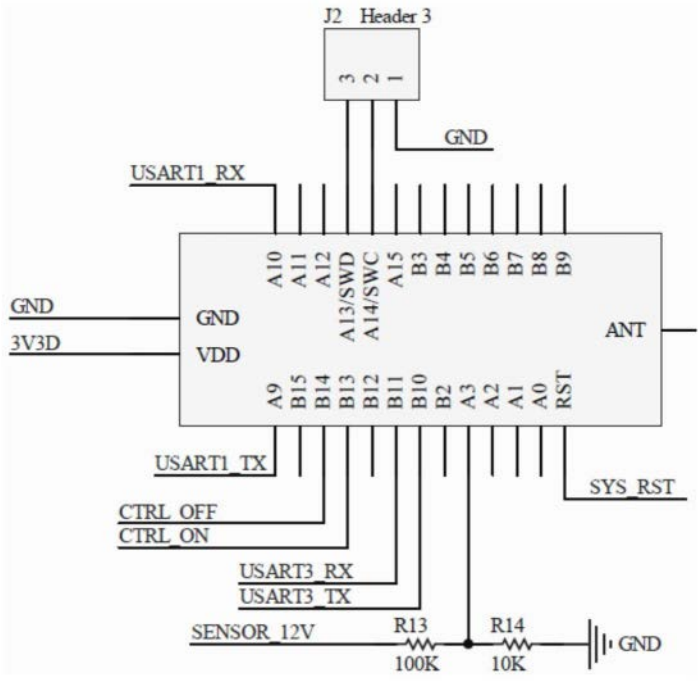

J2 Header 3
3
2
1
GND
USART1_RX
A10
A11
A12
A13/SWD
A14/SWC
A15
B3
B4
B5
B6
B7
B8
B9
GND
GND
3V3D
VDD
ANT
A9
B15
B14
B13
B12
B11
B10
B2
A3
A2
A1
A0
RST
USART1_TX
SYS_RST
CTRL_OFF
CTRL_ON
USART3_RX
USART3_TX
SENSOR_12V
R13
100K
R14
10K
GND

图2

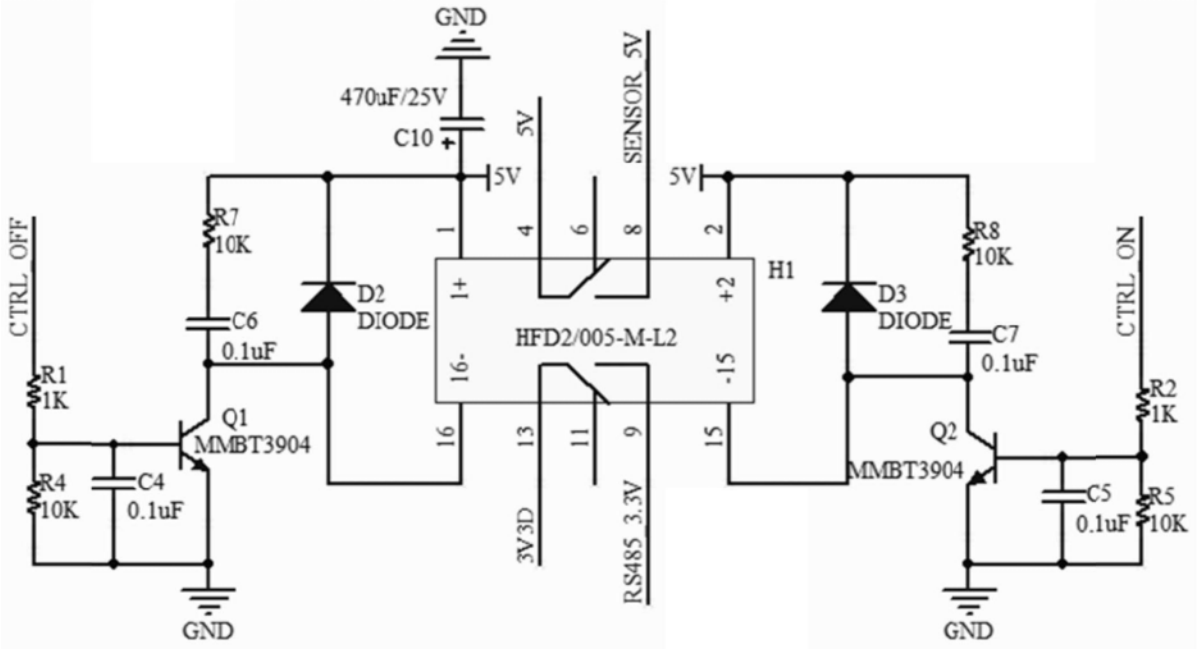

GND
470uF/25V
C10
5V
SENSOR_5V
R7
10K
CTRL_OFF
C6
0.1uF
D2
DIODE
HFD2/005-M-L2
H1
R1
1K
Q1
MMBT3904
R4
10K
C4
0.1uF
3V3D
RS485_3.3V
D3
DIODE
R8
10K
C7
0.1uF
CTRL_ON
R2
1K
Q2
MMBT3904
C5
0.1uF
R5
10K

图3

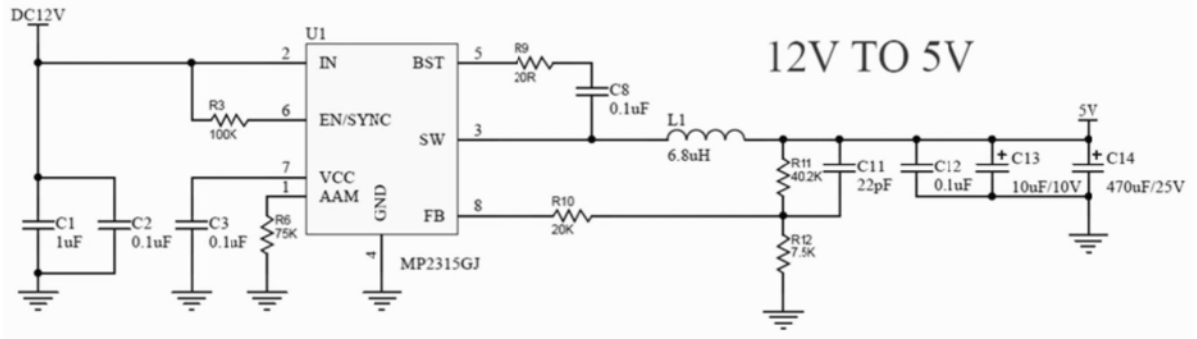

DC12V
U1
IN
BST
EN/SYNC
SW
VCC
AAM
GND
FB
MP2315GJ
12V TO 5V
R3
100K
R9
20R
C8
0.1uF
L1
6.8uH
R11
40.2K
C11
22pF
C12
0.1uF
C13
10uF/10V
C14
470uF/25V
R10
20K
R12
7.5K
C1
1uF
C2
0.1uF
C3
0.1uF
R6
75K

图4

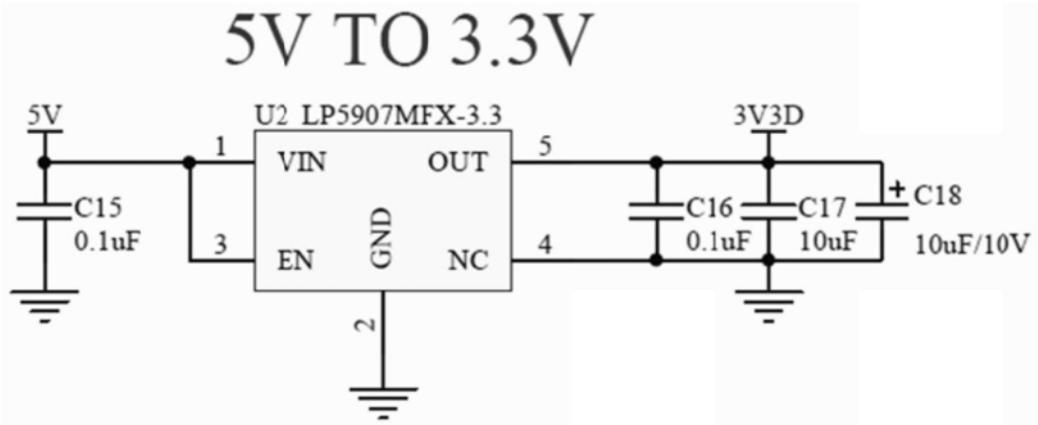

5V TO 3.3V
5V
U2 LP5907MFX-3.3
VIN
OUT
EN
GND
NC
3V3D
C15
0.1uF
C16
0.1uF
C17
10uF
C18
10uF/10V

图5


LoRa终端
LoRa服务云端
APP层消息/MAC层指令（消息）
空APP消息/入网请求
空APP消息/入网响应
注册请求/上行数据
注册响应（485请求前6个字节）/下行数据
上报消息（485响应寄存器长度及数值）/上行数据
配置消息/下行数据

图6

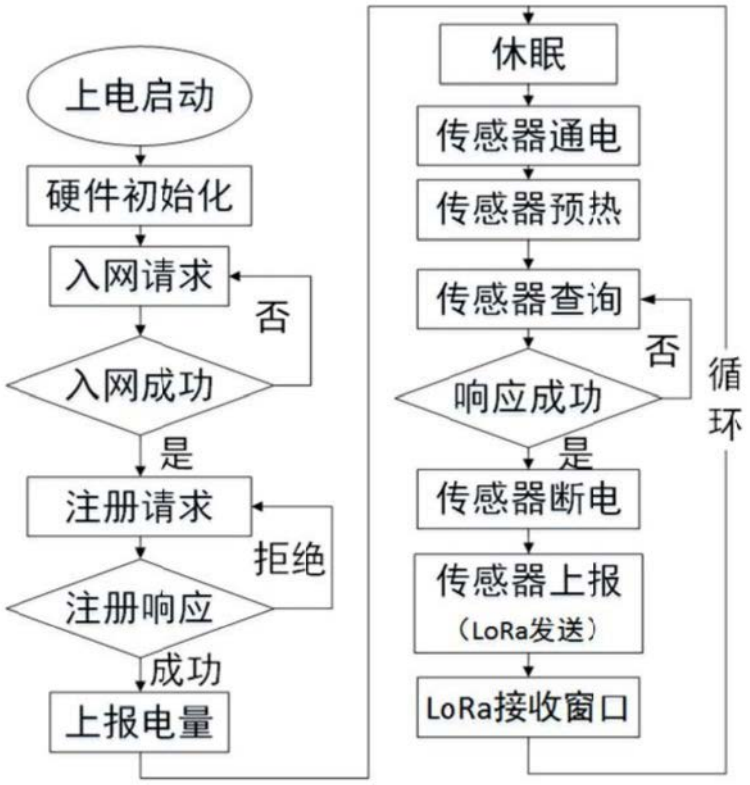

上电启动
硬件初始化
入网请求
否
入网成功
是
注册请求
拒绝
注册响应
成功
上报电量
休眠
传感器通电
传感器预热
传感器查询
否
响应成功
是
传感器断电
传感器上报
（LoRa发送）
LoRa接收窗口
循环

图7