

# 基于 STM8 滴灌自动控制系统的设计与实验

刘永鑫，洪添胜\*，徐兴，蔡坤，岳学军

(华南农业大学南方农业机械与装备关键技术省部共建教育部重点实验室，广州 510642；

华南农业大学工程学院，广州 510642)

**摘要：**针对野外果园果树滴灌需求，选用 ST 公司 STM8S105S4 为核心，选取恩智浦公司 PCF8563 辅助控制，增加能源管理综合利用太阳能。采用 LCD 用户界面，通过基于中断触发和休眠—唤醒机制的程序设计整合和模块，完成 4 种低功耗模式设计，形成滴灌控制系统。针对各模块驱动测试与整体协同工作进行实验，实验表明，系统运行正常，实现滴灌的定时与流量控制，4 种低功耗模式下，工作电流分别为 1.5 mA、0.14 mA、0.01 mA、0.005 mA。

**关键词：**微控制器；定量控制；定时控制；滴灌

**中图分类号：**S274.2

## 0 引言

滴灌按作物需水要求，通过低压管道系统与安装在毛管上灌水器，将水和作物需要的养分均匀缓慢地滴入作物根区土壤中的灌溉方法。是一种节水、节肥、省工的高效的灌溉方式<sup>[1-2]</sup>。传统的滴灌控制方式多为人工手动控制机械滴灌阀开与闭，或通过由 220V 市电供电的控制装置来对滴灌进行开环控制。人工手动控制存在操作繁琐、作业不便等缺点。而 220V 市电供电的控制装置也存在使用成本高，功耗大，灵活性差等弊端<sup>[3-6]</sup>。目前，微控制器，低功耗实时时钟，及低功耗点阵式液晶屏已在民用消费电子以及手持式通信设备等领域取得了广泛应用<sup>[7-8]</sup>。

选用双稳态电磁阀与低成本传感器，对传统的滴灌控制进行智能化、自动化、低功耗的改进，主要工作内容：(1) STM8 主控板的设计，包括 STM8S105x 最小系统的设计、时钟芯片工作电路的设计和相应的控制程序以及电源模块的设计。(2) LCD 显示及太阳能采集面板的设计，包括 LCD 模块、太阳能充电控制模块、用户按键的硬件设计和相应的控制程序。(3) 基于 STM8 和时控系统的综合应用程序设计，包括主程序的设计，中断分配。休眠—唤醒机制设计和人机接口设计。\*

## 1 STM8 滴灌控制系统总体方案设计

\* 收稿日期：2011.07

修订日期：

项目基金：现代农业产业技术体系建设专项资金资助（农科教发[2007]14 号，[2011]3 号）；国家公益性行业（农业）科研专项经费项目资助(200903023)；果园水肥滴灌控制装置的研究与应用示范（广东省星火计划 2010B020314007）；山地果园水肥滴灌调控装备研制与示范（广东省农业机械化科研课题省人大议案项目粤财农[2010]605）

作者简介：刘永鑫（1988—），男（汉），广东，硕士研究生，本科，研究方向：电子信息与通信。通讯地址：华南农业大学工程学院，邮编 510642。Email: 229568069@qq.com

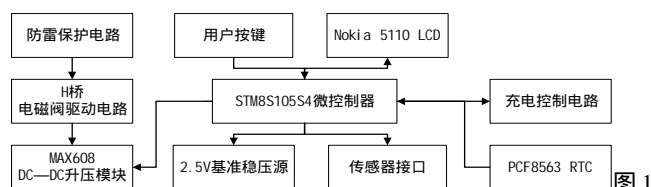
通讯作者：洪添胜（1955—），男（汉），广东，教授，博士，研究方向：农业工程。通讯地址 华南农业大学工程学院 邮编 510642。Email: tshong@scau.edu.cn

### 1.1 系统功能及构建

在对滴灌作业自动控制的基础上，实现了低功耗运行与菜单式的人机界面。系统由 STM8 主控板，LCD 显示及太阳能采集面板，外部双稳态电磁阀三部分组成。其中 STM8 主控板由 STM8 微控制器模块，2.5V 基准电压源、实时时钟模块，H 桥电磁驱动电路，传感器接口，防雷保护电路，DC—DC 升压模块以及各种接口构成。LCD 显示及太阳能采集面板由 LCD 显示模块、用户按键、太阳能电池、充电控制模块组成。其中，实时时钟模块由 PCF8563 芯片与外围电路组成，LCD 模块由 Nokia 5110 模块及外部控制电路组成，DC—DC 升压模块由 MAX608 芯片及外部电路组成。STM8 微控制器负责整个系统的主控与信息处理，并运行人机界面程序。

### 1.2 系统硬件总体设计

以 STM8 微控制器为核心，微控制器根据传感器、时钟模块的信息结合用户配置，输出正确的控制信号。系统硬件总框图如图 1 示：



系统硬件框图

Fig.1 hardware diagram

### 1.3 系统软件总体设计

系统正常工作时，系统处于低功耗休眠模式，只有接收到实时时钟的报时信号或者受到用户按键触发才被唤醒进入正常运行模式，并通过 LCD、键盘与用户进行交互，或进行滴灌作业。系统总流程图如图 2 示。

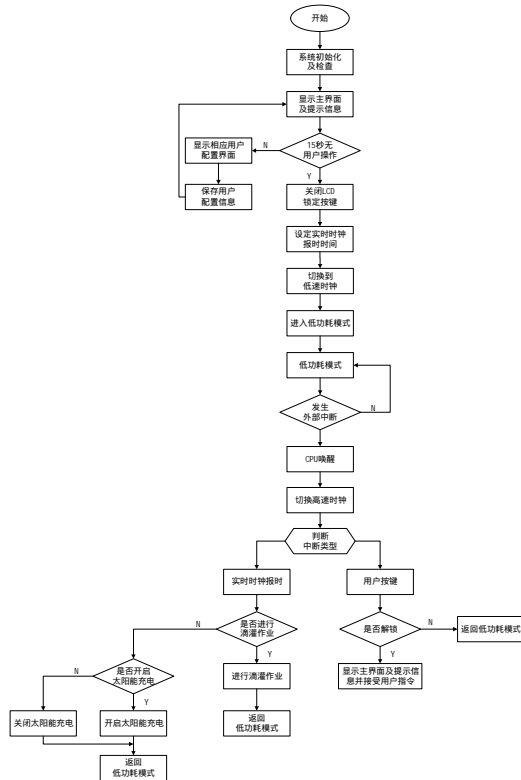


图2 系统总流程图  
Fig.2 main flow chart

## 2 STM8 主控板设计

### 2.1 硬件设计

#### 2.1.1 STM8F105S4 微控制器及最小系统

所涉及的低功耗滴灌控系统，可以看作是一个低功耗的时控系统，其硬件核心为微控制器。目前，此领域常用的微控制器总类很多，具有代表性有：TI（德州仪器）MSP430 系列，ATMEL AVR 系列，ST（意法半导体）STM8S 系列，Silicon（新华龙）C8051 系列。其中，ST（意法半导体）的 STM8S 系列微控制器，具有大容量存储系统与丰富的外设；工作电压范围为 2.95 ~ 5.5V 适合在电池供电的设备上使用。且价格低廉，具有极高性价比。仅为 STM8S105S4 微控制器需提供电源和一个 CPU 退偶电容<sup>[9-11]</sup>，即可组成 STM8S105S4 最小系统，如图 3 示。

#### 2.1.2 TL431 稳压管及 2.5V 参考电压源

滴灌控制系统采用电池供电，电池电压的波动会对微控制器 AD 转换输出结果产生影响。因此需要设计一个稳定的参考电压源，以通过软件算法对 AD 转换的结果进行修正并对电池电压进行监测。采用 TL431 可调稳压管，采用其内部集成 2.5V 精密电压源<sup>[12]</sup>，系统 2.5V 参考电压源电路如图 4 示，

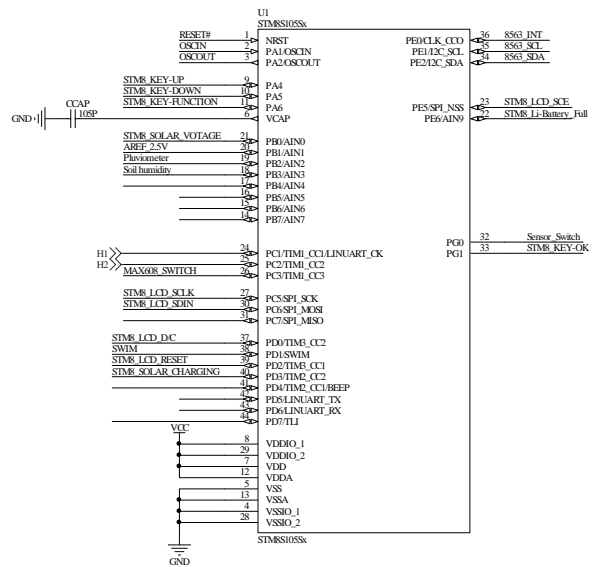


图3 STM8S105S4 最小系统电路图  
Fig.3 STM8S105S4 minimize circuit

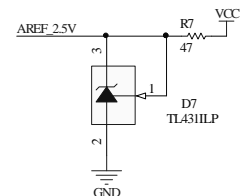


图4 2.5V 参考电压源电路图

Fig.4 circuit for 2.5V reference voltage source

#### 2.1.3 低功耗 RTC 设计

实时时钟简称 RTC (Real Time Clock)，为时控系统提供准确的参考时刻值，是时控系统不可缺少的部分。目前，时控系统中多采用专用低功耗时钟芯片并外加 32768Hz 时钟振荡器和备份纽扣电池组成 RTC 电路。常用的时钟芯片有 DS12887、DS1302、PCF8563，基于成本以及低功耗的考虑，设计采用待机电流仅为 0.25 微安的 PCF8563 芯片<sup>[13]</sup>以及外部电路组成本系统的 RTC 电路，如图 5 示。PCF8563 通过 I<sup>2</sup>C (Inter - Integrated Circuit) 总线与微控制器连接并通过中断输出进行报时。

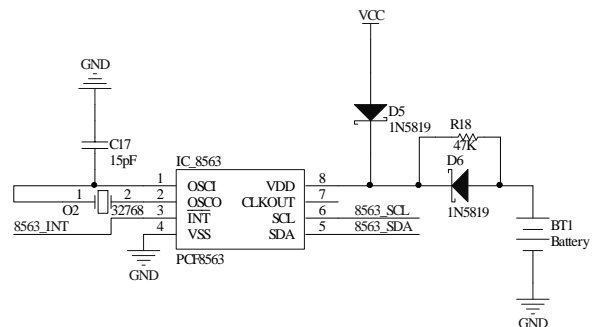


图5 RTC 电路图  
Fig.5 RTC circuit

### 2.1.4 DC-DC 升压电路

采用电池供电,由于电池电压不足以驱动滴灌电磁阀,因此需要使用升压电路将 3V 的电池电压提升到 9V~12V 以驱动滴灌电磁阀。采用 MAX608 芯片组成的 DC—DC 升压电路<sup>[14]</sup>如图 6 示。其中,MAX608\_SWITCH 为 MAX608 芯片的使能端,在不需要进行升压时,可以关闭升压模块以降低系统功耗。

### 2.1.5 低功耗双稳态电磁阀与 H 桥驱动电路设计

传统电磁阀加入自锁装置即构成双稳态电磁阀，不消耗电能的情况下保持常开与常闭两种稳定状态。

由于双稳态电磁阀开启和闭合需要使用极性相反的脉冲电压进行驱动,采用 4 对三极管组成 H 桥作为双稳态电磁阀的驱动电路,如图 7 示。其中 R17 与 C4 组成 R—C 吸收电路,防止电磁阀开关瞬间产生的干扰信号对系统造成影响。当 H1 为高电平, H2 为低电平时, H 桥中 Q3 和 Q8 导通, Q6 和 Q7 呈高阻态, 电流由 VOUT2 流向 VOUT1, 使电磁阀闭合; 当 H1 为低电平, H2 为高电平时, Q3 和 Q8 呈高阻态, Q6 和 Q7 导通, 此时电流由 VOUT1 流向 VOUT2, 使电磁阀开启。

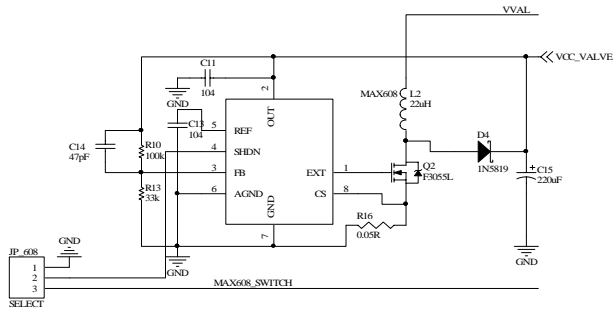


图 6 MAX608 升压电路图

Fig.6 MAX608 step-up circuit

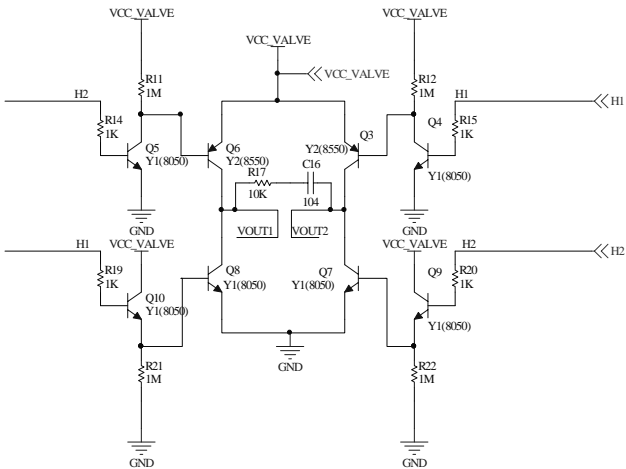


图7 H桥双稳态电磁阀驱动电路图

Fig.7 H-Bridge valve driver

### 2.1.6 防雷保护电路

滴灌电磁阀供接与电磁阀的连接线如果暴露在室外容易在雷雨天气发生静电感应，产生高压，因此须要在电磁阀驱动电路上并联防雷保护装置，如图 8 示。当电磁阀接口上由静电感应产生高压时，压敏电阻  $R_{V1}$ 、 $R_{V2}$  由高阻态转变为导通态。使静电电压直接加在气体放电管  $G1$  上，使感应电荷迅速释放。

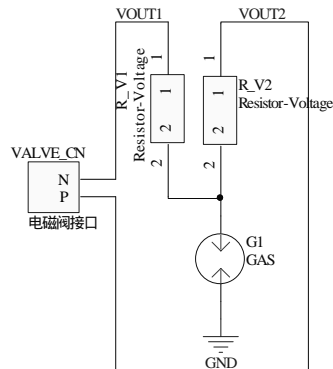


图 8 防雷接口电路图

Fig.8 thunder protection circuit

### 3 LCD 显示及太阳能采集面板的设计

### 3.1 硬件设计

### 3.1.1 Nokia 5110 液晶显示模块及工作电路

Nokia 5110 LCD 模块是一种具有 48 行 84 列的单个点阵式液晶屏。其以飞利浦公司的 PCD8544 作为点阵控制器, 通过 SPI 总线与微控制器单向通信, 占用极少资源, 且 Nokia 5110 LCD 工作时静态电流为微安级<sup>[15]</sup>, 非常适合在低功耗系统中使用。为节省电池电量, 不开启 LCD 的背光, 因此只需为 LCD 提供电源并将 SPI 接口与 STM8 微控制器相连。

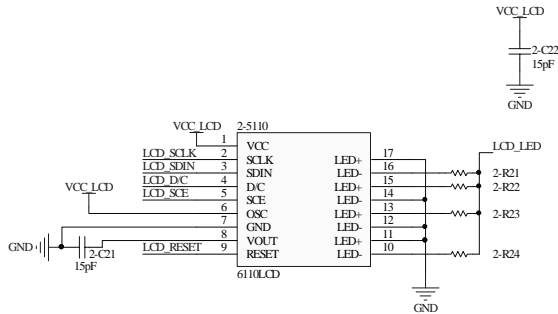


图9 Nokia 5110 LCD 工作电路

Fig.9 Nokia 5110 LCD circuit

### 3.1.2 太阳能充电控制电路设计

仅靠电池难以使滴灌控制系统正常工作，且频繁更换电池也会为使用带来极大不便，因此，采集太阳能电池对锂电池进行充电。由微控制器检测分压后的太阳能电池电压并通过 F3055L 开关场效应管控制太阳能充电的通断。

## 4 系统底层模块驱动设计

### 4.1 PCF8563 时钟芯片

微控制器通过 I<sup>2</sup>C (Inter - Integrated Circuit) 总线与 PCF8563 芯片进行半双工通信。其中 ,SDA( Serial Data ) 为双向串行数据线，SCL ( Serial Clock ) 为串行时钟线，两条线必须用上拉电阻与正电源相连，数据只有在总线不忙时才可传送。

微控制器通过 I<sup>2</sup>C 总线访问 PCF8563 内部寄存器的流程如错误！未找到引用源。10 示。

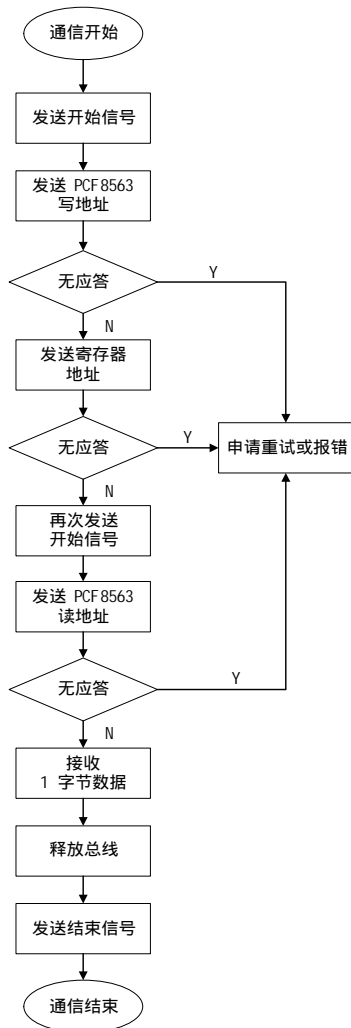


图 10 PCF8563 寄存器访问流程图

Fig.10 flow chart of PCF8563 register accessing procedure

### 4.2 Nokia 5110 LCD

Nokia 5110 LCD 主控芯片为飞利浦公司的 PCD8544。是低功耗的 CMOS LCD 控制驱动器，设计为驱动 48 行 84 列图形液晶。显示功能集成在一块芯片上，包括 LCD 电压及偏置电压发生器，并提供高速同步串行接口与处理器通信，因此只须很少外部元件<sup>[15]</sup>。PCD8544 采用的是上升沿发送数据的 SPI ( Serial Peripheral Interface ) 通信方式，其时序如图 11 示。



图 11 Nokia 5110 LCD 数据传送时序图

Fig.11 Nokia 5110 LCD data transfer timing diagram

### 4.3 STM8 微控制器片内 EEPROM

STM8S105S4 微控制器片内集成 1K 字节可写保护的数据 EEPROM，并可以在向数据 EEPROM 写入数据的同时可以从程序存储器读取数据，优化运行时间<sup>[16-17]</sup>。

在 STM8S105S4 微控制器内部 RAM 中以长度为 127 的一维字节数组的形式划分出一块专用缓存，用于 EEPROM 块编程。需要存储用户设置时，只需要将数据按照预先设定好的格式放入缓存，再调用块编程指令，将片内缓存区的内容快速写入 EEPROM 中。对 EEPROM 数据进行读取时，则从 EEPROM 数据块的起始地址开始逐字节读取数据并放入缓存中，直到读到预先设定的结束标志。

### 4.4 STM8 微控制器低功耗模式

STM8 系列微控制器提供 4 种低功耗模式：等待模式、开启调压器的活跃待机模式、调压器关闭的活跃待机模式、待机模式。四种低功耗模式的工作电流<sup>[18]</sup>如表 1 示。

表 1 STM8 低功耗模式工作电流

Table-1 STM8 low power current requirement

| 低功耗模式 (使用内部晶振) | 工作电流典型值 (VDD = 3.3V) |
|----------------|----------------------|
| 等待模式           | 1.5 mA               |
| 开启调压器的活跃待机模式   | 0.14 mA              |
| 调压器关闭的活跃待机模式   | 0.01 mA              |
| 待机模式           | 0.005 mA             |

滴灌控制器对实时性要求不高，并可以由 PCF8563 实时时钟或用户按键产生外部中断唤醒 STM8 微控制器，所以采用功耗最低的待机模式，并用实时时钟定时

唤醒微控制器。

#### 4.5 STM8 微控制器片内模拟—数字转换器驱动程序

STM8 微控制器内部集成了两个 10 位逐次比较型 AD (Analog—Digital) 转换器, ADC1 与 ADC2<sup>[19]</sup>, A/D 转换的各个通道可以执行单次和连续的转换模式。

选用 ADC1 的单次扫描模式完成对传感器信及其他模拟电压号采集。ADC1 工作前必须打开 ADC 片内时钟, 并将对应端口配置为开漏输入。

### 5 基于 STM8 时控系统的应用程序设计

#### 5.1 IAR 集成开发环境及 STM8 固件库

IAR 集成开发环境 (IAR Embedded Workbench) 是由 IAR System 所提供的一整套用支持用 C、C++ 及汇编语言构建与调试嵌入式应用程序的 PC 软件开发环境, 软件开发环境为 IAR for STM8 V1.2, 硬件调试器为 ST-LINK。

STM8 固件库 (STM8S/A Standard Peripherals Library), 是由 ST (意法半导体) 公司所提供, 包含 STM8S 与 STM8A 系列微控制器所有片内标准外设驱动程序的完整代码包。使用该固件库可以极大提高基于 STM8 的嵌入式应用开发效率, 并提高应用程序的可移植性<sup>[20]</sup>。

#### 6.2 主程序设计及中断设置

软件总体流程如图示, 主程序仅仅负责在上电复位时调用系统初始化子函数对系统进行初始化, 并启动用户界面子程序。系统使用以下中断: (1) 连接 PCF8563 实时时钟模块外部中断输出引脚的 GPIOE 中断。(2) 连接用户按键的 GPIOA 中断。(3) 定时器中断。(4) 所开启的中断全部可以将 CPU 从停机模式唤醒。用定时器进行空闲时间计时, 其中 GPIOA 和定时器中断在进入停机模式前开启, 退出停机模式时关闭。

#### 6.3 重要子程序设计

##### 6.3.1 休眠—唤醒子程序设计

进入停机模式只需要调用在 STM8 固件库 stm8s.h 文件中的宏定义 halt()。进入停机状态之后, 时钟自动切换为内部低速时钟, 在停机模式下, 所有寄存器与 RAM 的内容保持不变, 默认情况下时钟配置也保持不变, 因此不需要手动修改时钟配置, 只需要在进入停机模式前和退出时设置用户定义的状态标志即可。

##### 6.3.2 低电压检测子程序

选用的 STM8S105S4 微控制器基于中 AD 转换器以电源电压作为参考, 当输入电压等于电源电压时, AD 转换器输出等于 65344。因此, 对电源电压的检测需要借助设计的 2.5V 的高精度参考电压源。设参考电压源的转换结果为 c, 电源电压的计算公式如下:

$$VDD = 2.5 / c \times 65344$$

设参考电压源 AD 转换结果为 c, 模拟量 AD 转换结果为 r, 将 AD 转换结果转换为实际输入电压值的公式如下:

$$V = 2.5 / c \times r$$

##### 6.3.3 基于 Nokia 5110 LCD 人机接口设计

基于 LCD 与按键的人机接口设计实质上就是一个用状态机维持的 LCD 界面显示程序。由用户按键与定时器中断负责状态切换与命令传送。人机接口状态转换如图 12 示。提供的用户按键为上、下、确定、取消, 分别对应状态图中的 Up, Down, OK, Cancel 事件。

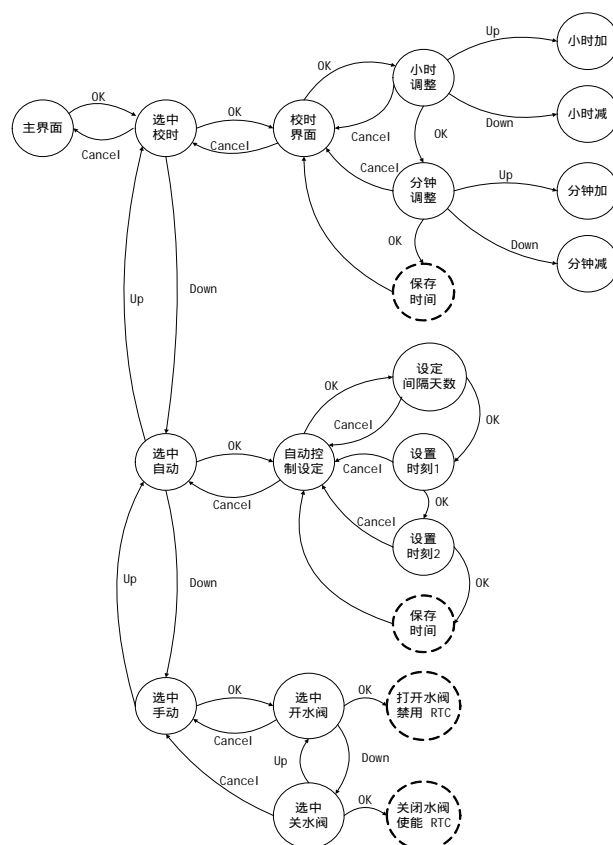


图 12 人机接口状态转换图

Fig.12 user interface states machine switching diagram

### 7 实验与分析

#### 7.1 实验方案

实验方案分为以下部分:

(1) PCF8563 实时时钟与 LCD 模块的驱动验证, 控制器能够通过 I2C 总线获取当期时间并显示在 LCD 上。(2) EEPROM 驱动验证: 只需编写一段程序像 EEPROM 的起始块中写入数据, 并通过 ST Visual Programmer 软件将 EEPROM 读出, 进行比对。(3) AD 转换驱动验证: 通过 SWIM 调试接口观察 AD 程序读取



- INTERFACE[P]. 2006. 1-5
- [17] Philips Semiconductors. The I<sup>2</sup>C-bus specification[S]. January 2000, rev 2.0. 1-18
- [18] STMicroelectronics. AN2857: STM8S family power management[EB/OL], July 2009, rev2. 8-9
- [19] STMicroelectronics. AN2752: Using the analog to digital converter of the STM8S microcontroller[EB/OL]. July 2009, rev 2. 14-20
- [20] STMicroelectronics. AN2752: EMC guidelines STM8 microcontrollers[EB/OL]. May 2010, rev 3. 13-14

## Low power drip irrigation control system based on STM8

Li u Yongxi n, Hong Ti ansheng\*, Xu Xi ng, Cai Kun, Yue Xuej un,

(1. Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment (South China Agricultural University),

Ministry of Education, Guangzhou 510642, China; 2.College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** Demand for drip irrigation field orchard of fruit trees, this article selects STM8S105S4 microcontroller of ST and PCF8563 integrated real-time calendar of NXP. Power management component is added for collecting solar power. LCD user interface and sleep wake up cycle programming method are used to integrate the whole system and formed 4 type of low power mode. System test proved that the system had achieved the goal of time and quantities based control of drip irrigation. The supply current of the 4 low power modes are: 1.5 mA, 0.14mA, 0.01mA, 0.05mA.

**key words:** Microcontroller ; Low power ; Time control ; Drip irrigation