

# Research and Realization of Solar Controlled Temperature Preservation Box Based on Internet of Things and Semiconductor Refrigeration Technology

Dongchu Wang Peng Yang Jing Xiong Shengsheng Ge Ziyang Wang

School of Internet of Things Engineering, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu, 214122, China

## Abstract

This paper studies the design of a new type of solar fresh-keeping box, and puts forward an intelligent temperature control fresh-keeping system based on the Internet of things and semiconductor refrigeration technology. Temperature and humidity, oxygen content and air pressure sensors are used to collect the information of the box environment, and transmit the information to the main control module of stm32f103c8t6-ep chip for real-time control, so as to achieve the function of keeping the relevant environmental parameters in the box constant. At the same time, Bluetooth module and mobile APP are used to realize the remote monitoring and control of solar controlled temperature freshers. This fresh-keeping box is energy-saving, environmental friendly, easy to operate, practical, and has a great market application prospect.

## Keywords

solar energy; Internet of things technology; Semiconductor refrigeration technology; Real-time control

## Fund Project

Solar Temperature-Controlled Fresh-Keeping Box Based On Internet of Things and Semiconductor Refrigeration Technology (Project No. 201810295077).

---

# 基于物联网及半导体制冷技术的太阳能控温保鲜箱的研究与实现

王东初 杨鹏 熊敬 葛升升 王紫嫣

江南大学物联网工程学院, 中国·江苏 无锡 214122

## 摘要

本文研究了一种新型太阳能保鲜箱的设计, 提出了一种基于物联网及半导体制冷技术的智能控温保鲜系统。利用温湿度、含氧量和气压传感器采集箱体环境的信息, 传输信息到 STM32F103C8T6-EP 芯片主控模块进行实时控制, 从而实现保持箱内相关环境参数恒定的功能。同时, 利用蓝牙模块与手机 APP 实现对太阳能控温保鲜箱的远程监测和控制。本保鲜箱节能环保, 易于操作, 实用性强, 具有较大的市场应用前景。

## 关键词

太阳能; 物联网技术; 半导体制冷技术; 实时控制

## 基金项目

基于物联网及半导体制冷技术的太阳能控温保鲜箱(项目编号 201810295077)。

---

## 1 引言

长期以来, 果蔬采后贮运保鲜设施和技术的不配套, 是制约果蔬高效流通的主要原因。据统计中国果蔬采后损耗率高达 20%~30%, 每年腐烂损耗的果蔬农产品高达 1.42 亿吨以上, 价值超过 1000 亿元人民币。另一方面, 企业经营冷藏、

冷冻药品需按照《药品经营质量管理规范》的要求, 在收货、储存、运输等环节, 采用经过验证确认的设施设备、技术方法和操作规程, 对冷藏、冷冻药品储存过程中的环境进行实时自动监测和控制, 保证药品的储运环境控制在规定范围内。因而, 部分医药企业的物流成本一直居高不下。因此, 开发一种节能环保的智能保鲜箱具有良好的经济效果和实用意义。

本项目立足于太阳能这种清洁且无成本的能源作为输入,通过能量转化和热电半导体制冷等原理,结合物联网和单片微机的智能控制和调节,能有效地控制温度湿度及空气成分的含量,延长果蔬的保质期,以及保证药品在其有效期内的价值。<sup>[1]</sup>

## 2 工作原理

本系统以 STM32F103C8T6-EP 芯片控制模块为核心,以太阳能发电技术作为能源供应装置,通过 DTH11 温湿度传感器、BWO2-A2 氧含量传感器及 BMP180 气压传感器进行环境数据采集,传感器与控制芯片以串口进行数据通信,控制模块接受实时数据后,产生继电器动作信号以分别控制半导体制冷片和热电阻组成的温度控制单元、以抽湿机和加湿机组成的湿度控制单元、以真空泵和气压泵组成的气压控制单元以及以氦气罐气动阀组成的氧含量控制单元,来达到定值控制箱内环境的目的。同时,通过蓝牙模块与手机 APP 连接,在 APP 上显示检测值并进行远程控制。

## 3 系统硬件设计

系统采用模块化设计,由太阳能供电模块、主控模块、TFT 液晶显示模块、按键控制模块、蜂鸣器报警模块、蓝牙模块、气压检测控制模块、温湿度检测控制模块以及含氧量检测控制模块组成,系统总体方案如图 1 所示。该系统充分利用多个模块的协调工作,实现对箱内各项参数指标的实时控制。

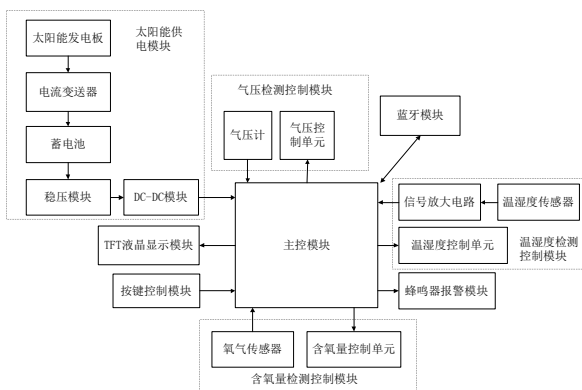


图 1 系统总体方框图

### 3.1 系统总体结构

以 STM32F103C8T6-EP 芯片控制模块为核心,结合光电转换技术、储能技术、半导体制冷技术、稳压降压技术、传感检测技术、通信技术、反馈控制技术以及数字 PID 控制

算法,可以实现对箱内温湿度、氧含量及气压参数的智能调控。部分电路结构框图如图 2。

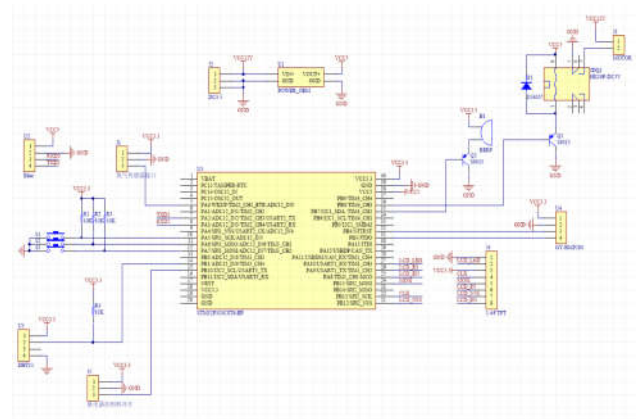


图 2 部分电路结构

### 3.2 模块设计

#### 3.2.1 太阳能供电模块

太阳能供电模块包括太阳能发电板、电流变送器、蓄电池、稳压模块和 DC-DC 模块,太阳能发电板连接电流变送器的输入端,电流变送器的输出端连接蓄电池的充电口,蓄电池的放电口连接稳压模块的输入端,稳压模块的输出端连接 DC-DC 模块的输入端,DC-DC 模块的输出端连接其余各个模块进行供电。太阳能发电板放置于阳光充足的环境中进行光电能量转换,通常可以将太阳能发电板直接设置在保鲜箱箱体上,太阳能发电板基于太阳能光伏发电原理进行发电,当太阳光(或其他光)照射到太阳能发电板上时,太阳能发电板吸收了光能并产生光生电子空穴对,在太阳能发电板内建电场的的作用下,光照产生的电子和空穴被分离开来,两种不同电性的电荷向电池两端聚集,光生电压因此产生,即所谓“光伏伏特效应”。

#### 3.2.2 主控模块

主控模块还连接按键控制模块、蜂鸣器报警模块及蓝牙模块。按键控制模块包括若干个控制按键,每个控制按键与 10KΩ 上拉电阻相连,并连接到主控模块的相应引脚上,通过按键控制模块可以进行各项参数的设定值的变更操作;当主控模块检测到保鲜箱箱体内的气压、温湿度和含氧量有至少一项超出设定值时,可以给蜂鸣器报警模块发出超幅信号,蜂鸣器报警模块接收主控模块发送的超幅信号并进行蜂鸣报警;蓝牙模块与主控模块的串口连接进行数据的发送和接收,该蓝牙模块与手机之类的具有蓝牙功能的监控设备相连,用户可以通过监控设备对该保鲜箱进行远程监控,一方面主控

模块可以将保鲜箱箱体内部环境的参数通过蓝牙实时发送给监控设备以便远程监测实时参数,另一方面,用户可以直接通过监控设备进行各项参数的设定值的变更操作。<sup>[2]</sup>

### 3.2.3 气压监测控制模块

气压检测控制模块用于实现对保鲜箱箱体内部的气压的调控,气压检测控制模块包括气压计和气压控制单元,气压计设置在保鲜箱箱体的内部并连接主控模块。当感应到气压值并发送给主控模块,使得主控模块通过气压计检测到保鲜箱箱体内部的气压。主控模块根据检测到的气压值控制气压控制单元的动作以调控保鲜箱箱体内部的气压,气压控制单元包括受继电器控制的真空泵和气压泵,主控模块连接并控制继电器,真空泵和气压泵均连通保鲜箱箱体,当主控模块输出信号使第一继电器动作时,真空泵得电工作从保鲜箱箱体内部抽气,减小保鲜箱箱体内部气压。类似的,主控模块输出信号使继电器动作时,气压泵得电工作向保鲜箱箱体内部充气,增加保鲜箱箱体内部气压。

### 3.2.4 温湿度监测控制模块

温湿度检测控制模块用于实现对保鲜箱箱体内部的温湿度的调控,温湿度检测控制模块包括温湿度传感器和温湿度控制单元,温湿度传感器 DTH11 设置在保鲜箱箱体的内部并连接主控模块。该模块感应到温湿度值并发送给主控模块,使得主控模块通过温湿度传感器检测到保鲜箱箱体内部的温湿度值。主控模块根据检测到的温湿度值控制温湿度控制单元的动作以调控保鲜箱箱体内部的温湿度,对保鲜箱箱体内部的温度的调节主要是需要降低保鲜箱内部的温度,因此温湿度控制单元包括半导体制冷装置和湿度控制装置,半导体制冷装置包括同时受继电器控制的散热风扇和制冷片,散热风扇安装在保鲜箱箱体上,制冷片设置在保鲜箱箱体的内部,从而实现对保鲜箱箱体内部温度的调节。湿度控制装置包括受继电器控制的加湿器和除湿器,当主控模块控制继电器动作时,加湿器得电工作对保鲜箱箱体内部进行加湿,当主控模块控制继电器动作时,除湿器得电工作对保鲜箱箱体内部进行除湿,从而实现对保鲜箱箱体内部湿度的调节。

### 3.2.5 含氧量监测模块

含氧量检测控制模块用于实现对保鲜箱箱体内部的含氧量的调控,含氧量检测控制模块包括氧气传感器和含氧量控制单元,氧气传感器设置在保鲜箱箱体的内部并通过信号放

大电路连接主控模块。信号放大电路对氧气传感器检测到的数据进行放大,可以提高检测数值的精确度,处理后发送给主控模块,主控模块根据检测到的含氧量值控制含氧量控制单元的动作以调控保鲜箱箱体内部的含氧量,对含氧量的调节通常是需要降低保鲜箱箱体内部的含氧量,含氧量控制单元包括气动阀和氮气罐,氮气罐通过气动阀连通保鲜箱箱体,气动阀受继电器控制,当主控模块控制第六继电器动作时,气动阀得电打开,向保鲜箱箱体内部充入氮气,从而降低保鲜箱箱体内部湿度的含氧量。

## 4 软件设计

通过 C 语言编写数据传输、显示、控制程序,程序流程如下:首先,系统进行初始化,然后显示标志位置 0,延时 2s,判断是否复位键按键,若是,返回到系统初始化步骤,若否,则 TFT 液晶显示模块显示当前检测到的各项参数,判断蓝牙是否连接,若连接,则进行手机连接检测控制,若未连接,判断按键控制模块是否有按键按下,若有按键按下,则 TFT 液晶显示模块显示的设定值相应改变然后跳转至判断温度是否超出设定值,若无按键按下,则直接跳转至判断温度是否超出设定值;若检测到箱体内部温度超出设定值,则控制蜂鸣器报警模块发出报警,然后控制继电器动作,散热风扇和制冷片同时得电、同步工作进行制冷,若箱体内部温度未超出设定值,则依次判断湿度、含氧量、气压是否超出设定值,若超出设定值,同样控制继电器动作调整参数,并循环判断是否满足继电器动作条件,然后返回到判断复位键是否按下,此后程序不断循环工作,实现对保鲜箱箱体内部的环境参数的动态控制。流程图如下图 3。

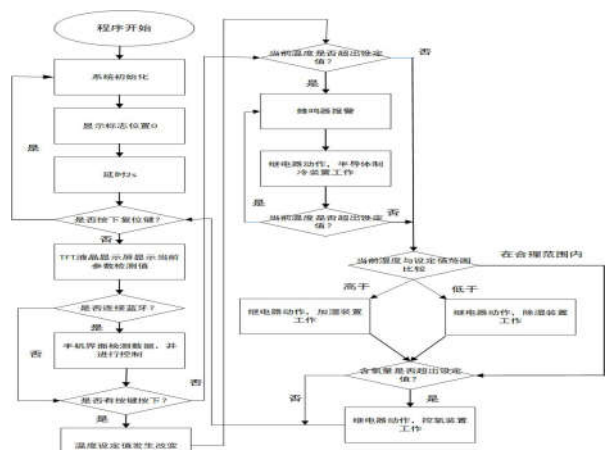


图 3 程序控制流程图

## 5 结果分析

该系统利用传感检测技术、半导体制冷技术、通信技术和反馈控制技术、实时检测并调控相关环境变量,保持箱内环境在设定值附近,并且通过蓝牙与手机端连接,进行远程监测控制。运用太阳能发电技术在很大程度上节约了能源,而反馈控制技术保证了较好的控制性能。实验结果表明该系

统具有较高的可靠性和实用性。

### 参考文献

- [1] 马万征,马万敏.智能温室环境控制的研究现状及发展趋势[J].北方园艺,2011(23):179-180.
- [2] 陈兴武,蒋新华,李光扬.嵌入式数控系统的体系结构与系统设计[J].制造业自动化,2008.30(6):10-14.