

面向智能包装的温度液位监控模块设计

聂影¹, 罗琴², 陈俞强³

(1.广州南洋理工职业学院, 广州 510900; 2.广州工程职业技术学院, 广州 510520;

3.东莞职业技术学院, 东莞 523808)

摘要: **目的** 从智能包装的定义出发, 研究信息型智能包装的温度液位监控模型。**方法** 通过智能包装的定义, 设计出以 AT89C52 单片机为核心, 加入电源模块、温度传感器、液位传感器以及自动控制加热模块, 并举出具体实例——多功能保温奶瓶的设计。将温度液位监控模块应用到奶瓶的包装上, 利用奶瓶的保温层空隙, 将数据线嵌入, 单片机的输出通过数据线传输到奶瓶盖顶端镶嵌的 LCD1602 显示屏中。**结论** 通过该方法, 用户可以在奶瓶盖的显示屏及时观察牛奶的温度和剩余量, 实现奶瓶的智能包装。

关键词: 智能包装; 温度液位监控; 保温奶瓶; 单片机控制; Proteus 仿真

中图分类号: TB489 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)11-0040-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.11.008

The Design of Temperature and Liquid Level Monitoring Module for Intelligent Packaging

NIE Ying¹, LUO Qin², CHEN Yu-qiang³

(1.Guangzhou Nanyang Polytechnic, Guangzhou 510900, China;

2.Guangzhou Institute of Technology, Guangzhou 510520, China;

3.Dongguan Polytechnic, Dongguan 523808, China)

ABSTRACT: The work aims to study the temperature and liquid level monitoring model of information-based intelligent packaging starting from the definition of intelligent packaging. Through the definition of intelligent packaging, a multi-function insulated milk bottle was designed, with AT89C52 CSM as the core, and added with power module, temperature sensor, liquid level sensor and automatic control heating module; and the specific practical examples were given. The temperature and liquid level monitoring module was applied in the bottle packaging. The data line was embedded by means of the insulation layer gap of the milk bottle, and the output of the single chip microcomputer was transmitted to the LCD1602 display screen mounted on the top of the bottle lid by the data line. The proposed method enables the user to timely observe the temperature and residual quantity of milk on the display screen of the bottle lid, and the intelligent packaging of the bottle can be realized.

KEY WORDS: intelligent packaging; temperature and liquid level monitoring; insulated milk bottle; SCM control; Proteus simulation

设计是为了解决问题, 创造更美好的生活^[1]。人类历史自诞生生产工具起, 就在进行着产品设计。从最开始的钻木取火, 到瓷器烧制, 再到火药、造纸术、

指南针、印刷术的出现, 呈现出了中国人的古老智慧与传承。近现代人们更注重产品设计的改良与美观性。随着互联网、大数据和人工智能的全球化发展,

收稿日期: 2018-01-09

基金项目: 广东省科技计划 (2014A010103002)

作者简介: 聂影 (1988—), 女, 广州南洋理工职业学院高级工程师, 主要研究方向为控制工程、人工智能和物联网。

通信作者: 陈俞强 (1980—), 男, 博士, 东莞职业技术学院教授, 主要研究方向为物联网技术应用。

以及社会形态的变化,这些都对工业设计提出了新的机遇与挑战^[2]。利用三维视图、仿真软件、3D 打印技术、互联网+、云存储、嵌入式开发、物联网技术、人工智能等高科技、新技术来进行工业产品设计已成为新趋势。文中以智能包装为主题,结合嵌入式开发技术,拟研究设计一款温度液位监控模型。

1 智能包装

1.1 定义

智能包装通过生物学、材料、人工智能、化学、物理和电子等多元学科知识的运用,来控制、识别、判断环境和包装内装物的变化,将信息数据以一定方式传达给客户^[3]。智能包装与传统包装的不同之处在于,智能包装通过在传统包装中添加信息化、数据化的相关手段,来保障产品的质量,防范运输过

程中可能遇到的损坏,反馈电子系统收集到的信息数据^[4],包括利用物理、生物、化学等手段研制出的具有很强特定专用性的新型包装材料,通过计算机和通信技术制作的反馈信息装置,以及特殊的物理空间结构等^[5]。

1.2 分类

智能包装技术涉及多学科互通的复合领域,包括食品学、通信电子学、印刷工程、无机纳米、物理学等^[6]。根据这些学科在智能包装技术中所占比例的不同,智能包装被分为功能材料型、功能结构型及信息型。智能包装的具体分类见图 1^[7-8]。

目前信息型智能包装是发展前景最好的智能包装类型,基于此,文中以单片机为载体,将导电性传感器与温度传感器相结合,研究设计出一种温度液位监控模型,使该模型能够用于智能包装的开发^[9]。

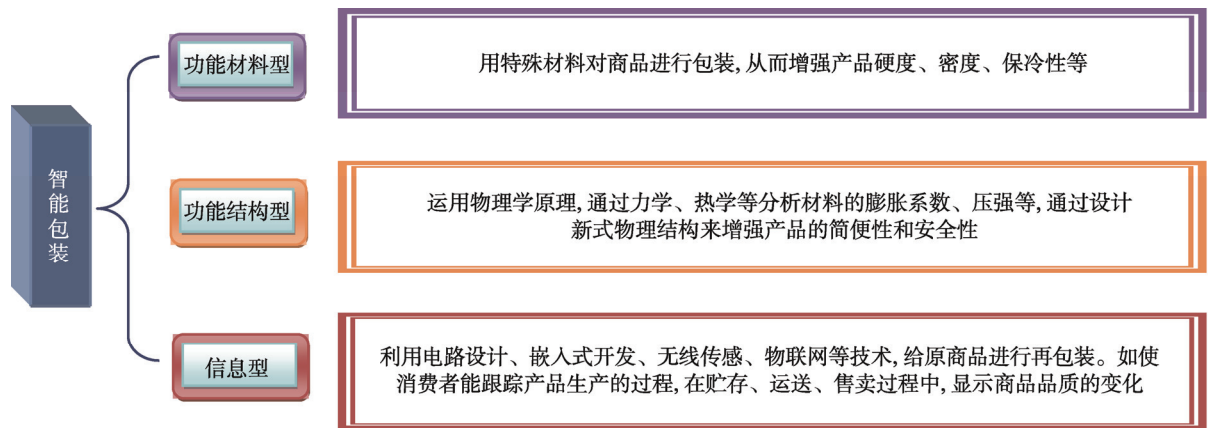


图 1 智能包装的分类
Fig.1 Classification of intelligent packaging

2 温度液位监控模型

2.1 系统设计方案

温度液位监控系统框架见图 2。该设计的初步设想:以 AT89C52 单片机为核心,主要由电源模块、

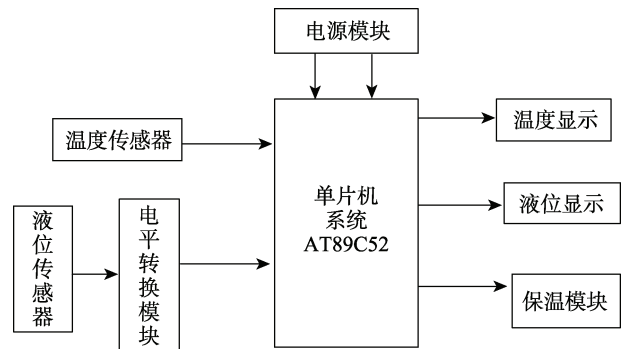


图 2 温度液位监控系统
Fig.2 Temperature and liquid level monitoring system

温度传感器、液位传感器、LED 显示、电磁加热保温等电路模块组成^[10]。

2.2 系统硬件设置

2.2.1 电源模块

电源模块由变压器电路、桥式整流电路、滤波电路组成,将 220 V 工频电压转换为 5 V 直流电压供单片机运行工作,见图 3。另外,设计中还加入 1 个充放电电池模块,使得单片机电路可以在无电源线的工作下,以解决断电困扰。

2.2.2 温度传感器

初步设想选用 DS18B20 温度传感器,该产品采用美国 DALLAS 公司生产的 DS18B20 可组网数字温度传感器芯片封装而成,具有耐磨耐碰、体积小、使用方便、封装形式多样的特点,适用于各种狭小空间设备的数字测温和控制^[11]。

DS18B20 的测温范围为-55 ~ +125 ℃,固有测

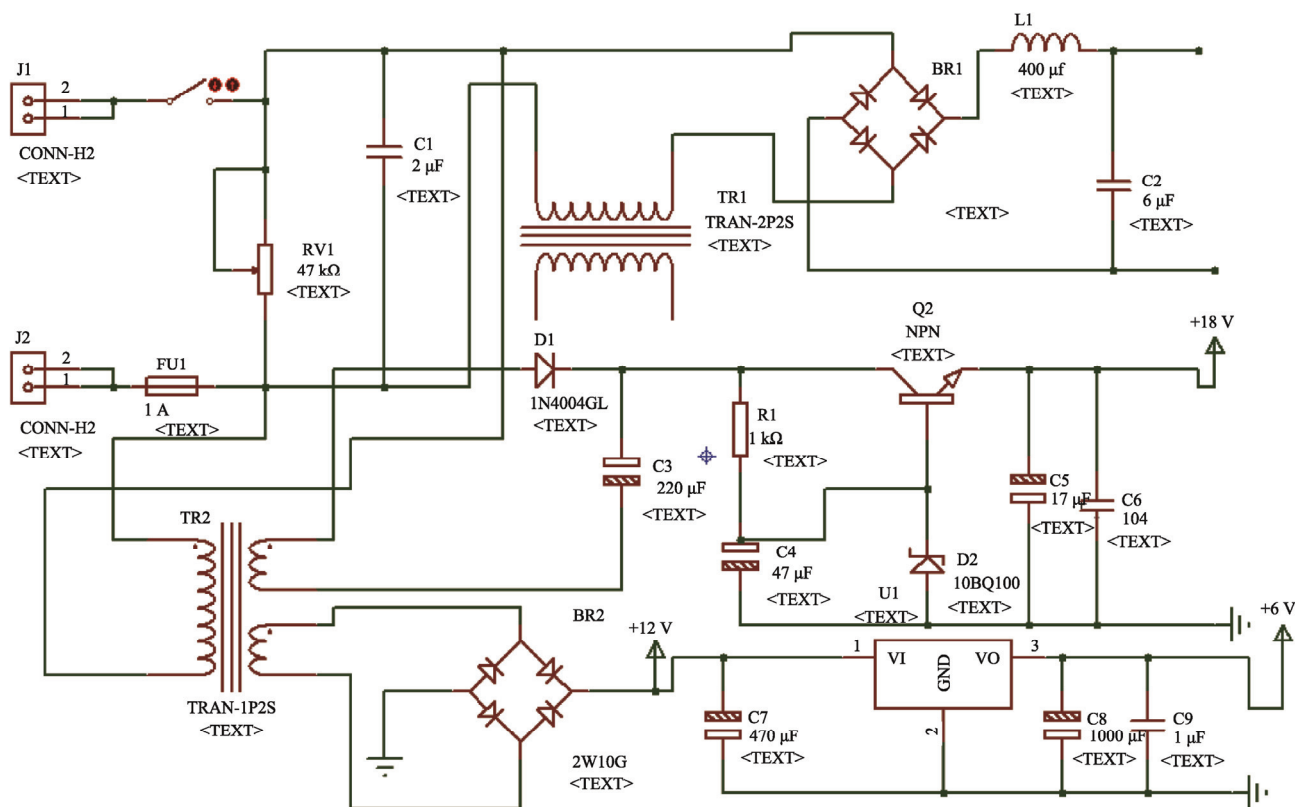


图3 电源转换电路

Fig.3 Power conversion circuit

温分辨率为 0.5°C 。DS18B20 的工作电源为 $3\sim 5\text{V}$ 直流电源。

2.2.3 液位传感器

液位传感器分为 2 类：接触式，包括单法兰静压/双法兰差压液位传感器、浮球式液位传感器、磁性液位传感器、投入式液位传感器、电动内液位传感器、电动浮筒液位传感器、电容式液位传感器、磁致伸缩液位传感器、伺服液位传感器等；非接触式，分为超声波液位传感器、雷达液位传感器等。

文中设计采用电容式液位变送器，通过 2 根长短不一的传感器探针得到不同的液位差，再通过 PID 计算，由 555 定时器接收信号并读取频率，最后将频率值反馈回单片机。

3 具体实例

新生儿肠胃娇弱，每隔 2 h 就要喝奶，而每次奶量却不稳定。目前市面上的保温奶瓶大多为不锈钢材质^[12]，由于材质的限制，奶瓶不可能为透明的，就必需借助电路板、传感器辅助完成温度和液位的显示，因此文中以婴儿奶瓶为例，阐述智能包装的温度液位监控模块设计。

3.1 保温奶瓶的整体设计

该保温奶瓶的整体设计思路：保温奶瓶的控制电

路板在瓶底，信号输出通过数据线从瓶底的电路板穿过奶瓶保温层，到达瓶口的数据接口处，当奶瓶盖合时，瓶口数据传输接通，可以在奶瓶盖中镶嵌的 LCD 屏中显示当前液位和温度。

通过液位传感器和温度传感器，经 A/D 转换，将信号传给单片机。通过编程实现 LCD 输出显示。当瓶盖盖上时，会接通数据线，在 LCD1602 上直观地显示出当前温度和瓶内剩余牛奶的体积。奶瓶设计见图 4。

3.2 硬件电路模块

3.2.1 LCD1602 显示屏

LCD1602 是一种可以显示字母、数字等符号的液晶屏。该屏幕共 16 列 2 行，可以显示简单的英文字母或中文。LCD1602 有 8 位数据总线，以及 3 个控制端口（RS，R/W，EN），能够与单片机接口直接连接（5 V 的驱动电流），支持背光等功能^[13]。LCD1602 显示屏见图 5，其各引脚功能见表 1。

3.2.2 温度传感器

温度传感器 DS18B20 耐磨耐碰，体积小，使用方便，封装形式多样，适用于各种狭小空间设备数字测温和控制领域，采用软件方法模拟单总线的协议时序来完成与 DS18B20 间的通信。DS18B20 温度传感器见图 6。

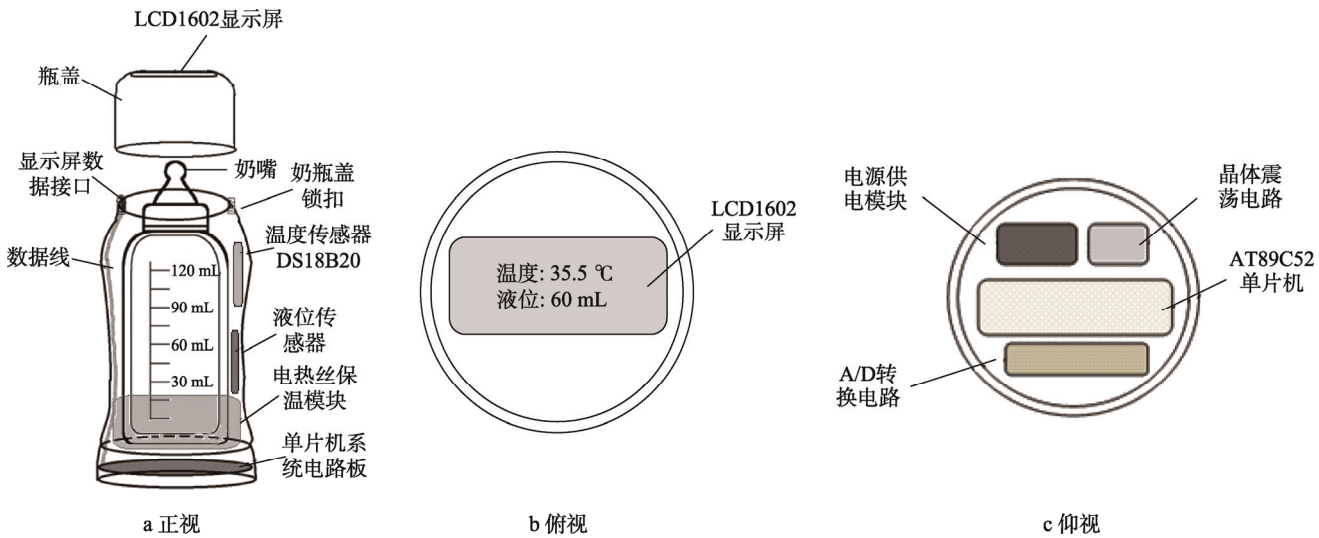


图 4 奶瓶设计三视图

Fig.4 3-view figure of milk bottle design

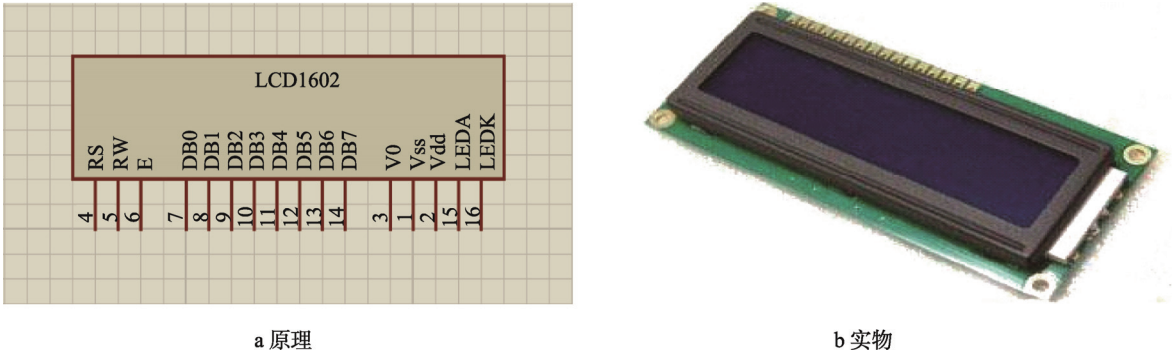


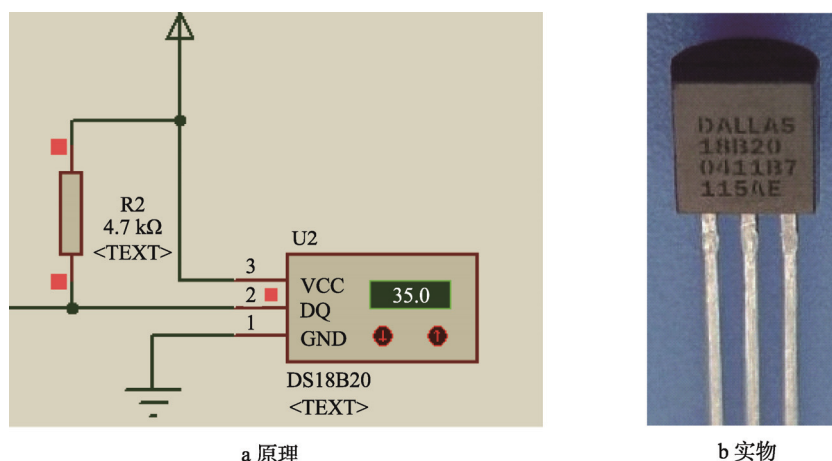
图 5 LCD1602 显示屏

Fig.5 LCD1602 display screen

表 1 LCD1602 显示屏各引脚的功能

Tab.1 The function of each pin of LCD1602 display screen

引脚	符号	电平	功能
1	Vss	0 V	电源地
2	VDD	5 V	电源 5 V
3	V0	0~5 V	对比度调节
4	RS	0/1	寄存器选择控制端，当 RS=1 时，选择传输数据，当 RS=0 时，选择传输指令读写操作
5	R/W	0/1	
6	E	1/1 ~ 0	
7	DB0	0/1	数据总线（LSB）
8	DB1	0/1	数据总线
9	DB2	0/1	数据总线
10	DB3	0/1	数据总线
11	DB4	0/1	数据总线
12	DB5	0/1	数据总线
13	DB6	0/1	数据总线
14	DB7	0/1	数据总线（MSB）
15	LEDA	+Vcc	背光电源正极
16	LEDK	GND	背光电源负极



a 原理

b 实物

图 6 DS18B20 温度传感器

Fig.6 DS18B20 temperature sensor

文中设计以单片机 AT89C51 作为控制器, 用智能温度传感器 DS18B20 作为温度采集器。DS18B20 是采用 1 条数据线实现数据双向传输的 1-Wire 单总线协议方式, 该协议定义了 3 种通信时序, 即初始化时序、读时序和写时序。AT89C51 单片机在硬件上并不支持单总线协议, 因此, 必需采用软件方法模拟单总线的协议时序, 来完成与 DS18B20 间的通信。

该协议所有时序都是将主机作为主设备, 单总线器件作为从设备。每次命令和数据的传输都从主机启动写时序开始, 如果要求单总线器件回送数据, 在进行写命令后, 主机需启动读时序完成数据接收。数据

和命令的传输都是以低位在前的串行方式进行^[14]。DS18B20 温度传感器的写入指令见表 2。

3.2.3 液位传感器

文中设计采用电容式液位变送器, 电容式液位传感器通过测量电容来获取液位值, 通过 2 根长短不一的传感器探针得到不同的液位差。电容液位传感器见图 7, 不同长度的探针探测到的液位高度不同, 从而得到电容器的电容量 C 也不同, 再经差分电路进行转换。由 $f=1/[\ln 2(R_1+R_2)]$ (其中 f 为探测器频率, R_2 为测量电路中可变电容 C_x 的串联电容, R_1 为为测量电

表 2 DS18B20 温度传感器的写入指令

Tab.2 Writing instruction for DS18B20 temperature sensor

指令	指令代码	操作说明
温度转换命令	44H	启动 DS18B20 进行温度转换
读温度值命令	BEH	读暂存器中的温度值
写暂存器命令	4EH	将数据写入暂存器的高 8 位 TH 和低 8 位 TL 中
复制暂存器命令	48H	把暂存器 TH 和 TL 中的内容复制到 E-RAM 中
重调 E-RAM 命令	B8H	把 E-RAM 中的命令重新写回到暂存器 TH 和 TL 中
读电源供电方式命令	B4H	启动 DS18B20 发送电源供电方式信号给单片机
SKIP ROM 操作命令	CCH	跳过 ROM 匹配, 跳过读序列号的操作, 节省操作时间

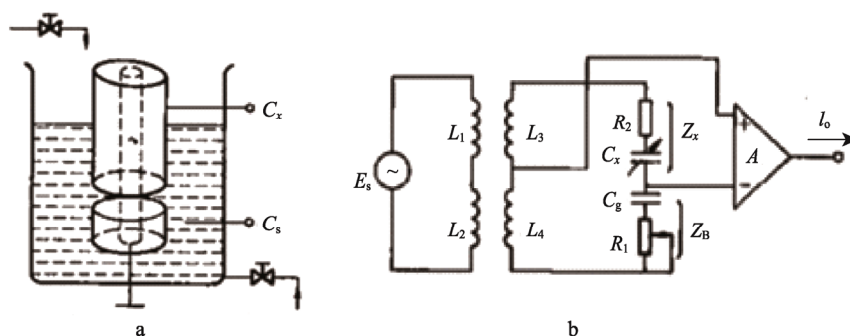


图 7 电容液位传感器和测量电路

Fig.7 Capacitive liquid level sensor and measuring circuit

路中已知电容 C_g 的串联电容), 电容 C 的变化决定频率 f 的变化。再将得到的频率值输入单片机, 通过编程计算出牛奶液位高度, 最后将所得液位通过 LCD1602 显示输出。

3.3 设计仿真

该保温奶瓶基于 AT89C52 单片机控制, 而单片机仿真最常用的就是 Proteus 软件。Proteus 软件作为

一款性能良好的仿真软件, 它不仅具有其他 EDA 软件的仿真功能, 还能仿真单片机及外围器件^[15], 并且可以用其生成 PCB 版, 直接用作元器件的焊接基板。该保温奶瓶的设计基于单片机控制的多功能保温奶瓶设计, 主要完成对保温奶瓶的电路设计, 并不包括奶瓶的外观、模型、材质等其他方面的讨论。完成电路部分的设计后, 就能够通过编程, 利用仿真软件进行仿真, 具体电路见图 8。

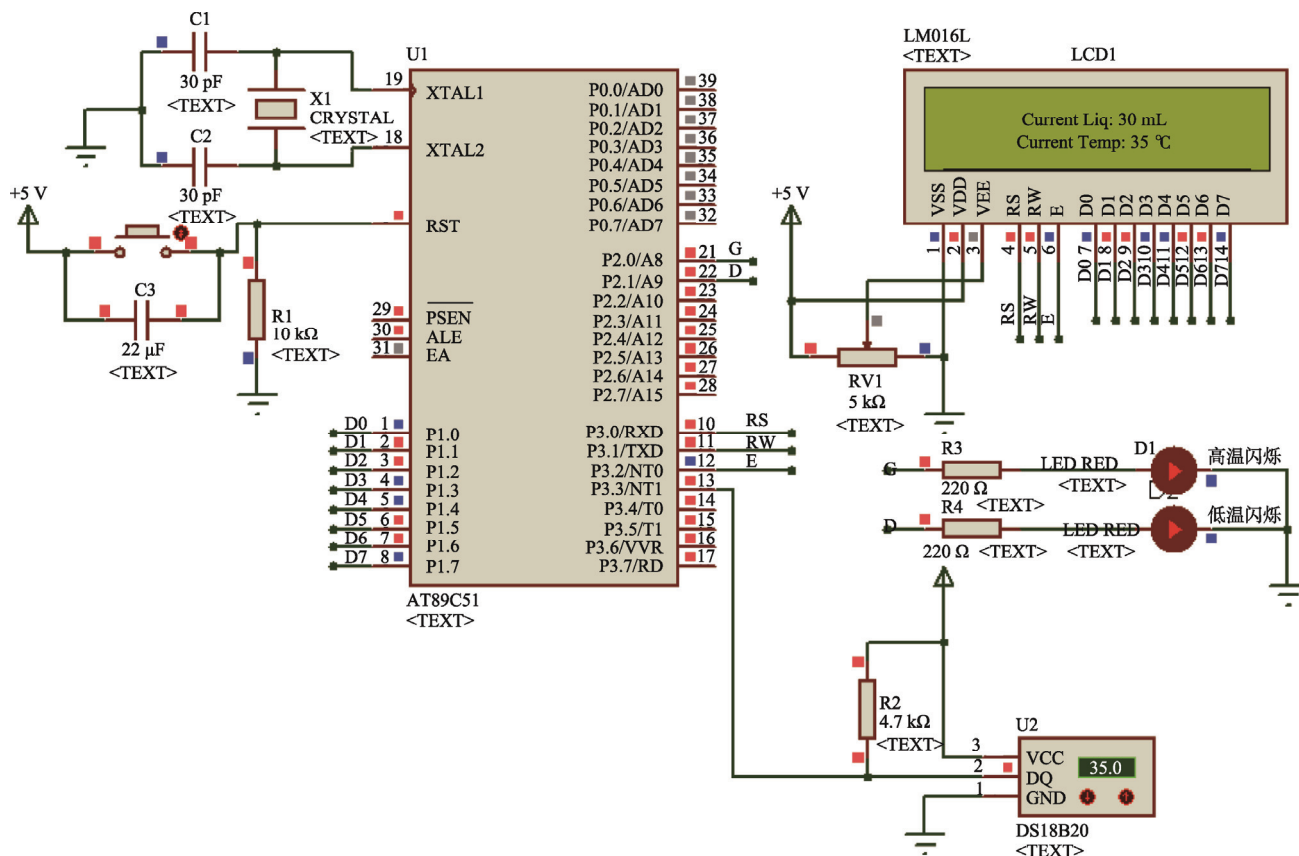


图 8 基于单片机的温度液位设计仿真电路

Fig.8 The simulation circuit of temperature and liquid level design based on SCM control

综上所述, 利用单片机控制温度、液位, 可实现对奶瓶等容器的智能化。通过液位传感器和温度传感器感知牛奶的液位和温度, 再将数据传回单片机, 通过数模转换, 最后在八段数码管或者 LCD 显示屏上直观地显示出目前奶瓶内牛奶的温度以及剩余量。

3.4 系统软件设计

嵌入式系统相较于普通电子线路的优点在于可以利用编程实现人机交互。普通电子线路板只需将各种电阻、电容、集成元器件焊接在对应的 PCB 板上, 即可实现相应的功能^[16]。这种电路设计只能实现简单的功能, 对于瞬息万变的信息时代, 普通电路远远不能满足需求。利用可编程控制元件, 如单片机、PLC 等电控元件, 设计者可以通过编程(如汇编语言、C 语言、梯形图等)来控制电路以实现各种功能, 这也是智能包装“智能”的体现。

文中采用 C 语言编程, 通过 KEIL 软件建立工程文件 .pro, 再建立源程序 .c, 将 .c 添加到 .pro 中。然后编写程序, 编译、链接、生成单片机可识别的代码 .hex。最后通过 STC 烧录软件, 将生成的 .hex 文件烧录进 AT89C52 单片机中, 检查电路, 调试, 查看最终效果。多功能保温奶瓶的软件设计流程见图 9。

3.5 设计扩展

由于单片机系统的可扩展性, 后续可以设计将红外模块或者蓝牙模块加入单片机, 以实现远距离无线控制温度液位显示。将该数据与物联网技术、云存储系统结合, 单片机系统记录的数据可通过物联网技术导出, 或者可以通过蓝牙连接手机 APP, 使用者能够实现远程监控奶瓶温度, 甚至将每日奶瓶的剩余奶量进行数据整合, 通过大数据分析, 掌握宝宝的牛奶需求量, 从而能够更好地与科学喂养数据匹配。

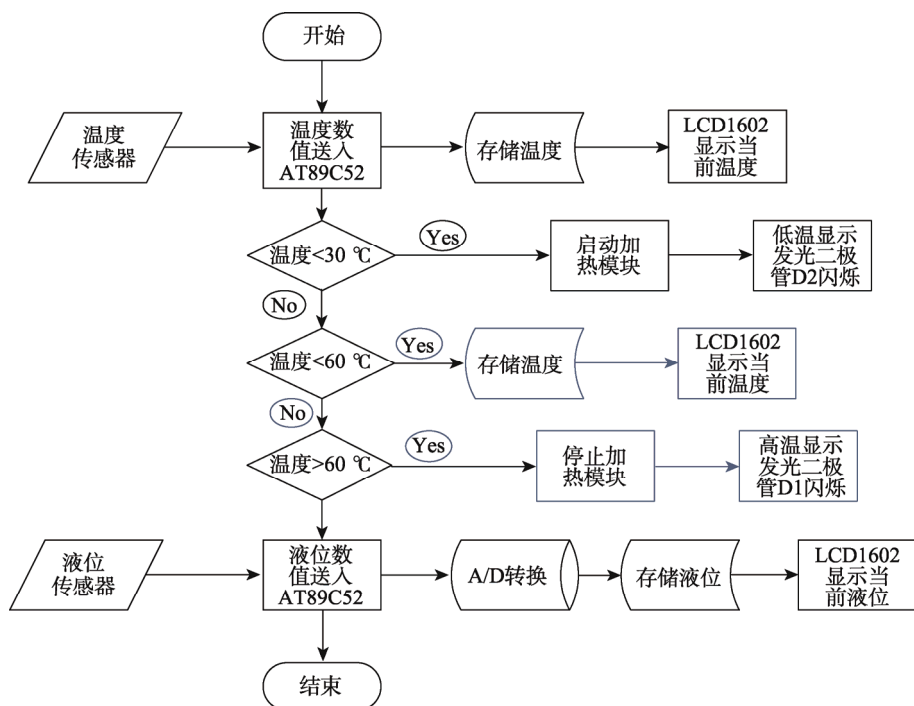


图 9 多功能保温奶瓶的软件设计流程

Fig. 9 Software design flow of multi-function insulated milk bottle

4 结语

从智能包装的定义出发,研究了信息型智能包装的温度液位监控模型。以保温奶瓶为具体实例,加入了电源模块、温度传感器、液位传感器以及自动控制加热模块。该设计将数据线嵌入奶瓶保温层空隙,单片机的输出通过数据线传输到奶瓶盖上端镶嵌的LCD1602显示屏中,从而显示出奶瓶的即时温度和剩余牛奶量。

参考文献:

- [1] 李青青, 王超. 基于无意识设计理论的手提式灭火器改良设计[J]. 包装工程, 2017, 38(18): 156—161.
LI Qing-qing, WANG Chao. Improved Design of Portable Fire Extinguishers Based on the Theory of Unconscious Design[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(18): 156—161.
- [2] 罗仕鉴. 科技设计驱动变革[J]. 包装工程, 2017, 38(24): 30—36.
LUO Shi-jian. Technological Design Drives Change[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(24): 30—36.
- [3] 刘正民. 我国智能包装应用现状与发展趋势[J]. 现代商贸工业, 2016, 37(14): 45—46.
LIU Zheng-min. Intelligent Packaging Applications' Status and Development Trend in China[J]. Modern Trade Industry, 2016, 37(14): 45—46.
- [4] VOLKER B. Big Data in Market Research: Why More Data Does Not Automatically Mean Better Information[J]. Gfk Marketing Intelligence Review, 2016, 8(2): 56—63.
- [5] ROMERO E P, ROS-LIS J V, VIVANCOS J L, et al. Recent Advances on Intelligent Packaging as Tools to Reduce FOOD Waste[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 172: 3398—3409.
- [6] 张梦. 浅谈智能包装与 RFID 技术[J]. 广东印刷, 2011(5): 47—49.
ZHANG Meng. Introduction to Intelligent Packaging and RFID Technology[J]. Guangdong Printing, 2011(5): 47—49.
- [7] 廖雨瑶. 智能包装研究及应用进展[J]. 绿色包装, 2016(2): 39—46.
LIAO Yu-yao. Intelligent Packaging Research and Application Progress[J]. Green Packaging, 2016(2): 39—46.
- [8] 刘东, 王建华. 信息型智能包装技术及其应用[J]. 网印工业, 2014(6): 47—51.
LIU Dong, WANG Jian-hua. Informational Intelligent Packaging and Its Applications[J]. Screen Printing Industry, 2014(6): 47—51.
- [9] HEISING J K, BOEKEL M A J S V, DEKKER M. Simulations on the Prediction of Cod (Gadus Morhua) Freshness from an Intelligent Packaging Sensor Concept[J]. Food Packaging and Shelf Life, 2015, 3(4): 47—55.
- [10] 李荣茂. 基于单片机电热水器液位、温度检测控制系

- 统的设计[J]. 电子制作, 2017(15): 66—67.
- LI Rong-mao. Design of Liquid Level and Temperature Detection Control System Based on Single Chip Microcomputer[J]. Electronic Production, 2017(15): 66—67.
- [11] 齐婉玉, 孟英红, 沈满. 用 DS18B20 进行温度检测的方法与技巧[J]. 仪器仪表学报, 2003(S): 235—236.
- QI Wan-yu, MENG Ying-hong, SHEN Man. Methods and Techniques for Temperature Detection Using DS18B20[J]. Journal of Instrumentation, 2003(S): 235—236.
- [12] 冯爽. 长春市新生儿喂养方式现状及影响因素分析[D]. 长春: 吉林大学, 2013.
- FENG Shuang. Analysis on the Current Situation and Influencing Factors of Neonatal Feeding in Changchun[D]. Changchun: Jilin University, 2013.
- [13] 王静霞. 单片机基础与应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2015.
- WANG Jing-xia. Foundation and Application of MCU[M]. Beijing: Higher Education Press, 2015.
- [14] 李一峰, 吴振陆, 樊海红. 电容式液位传感器的设计[J]. 广东海洋大学学报, 2015, 35(1): 90—94.
- LI Yi-feng, WU Zhen-lu, FAN Hai-hong. The Design of Capacitive Liquid Level Sensor[J]. Journal of the Guangdong Ocean University, 2015, 35(1): 90—94.
- [15] 周润景. PROTEUS 原理图仿真与 PCB 设计实例精解[M]. 北京: 电子工业出版社, 2016.
- ZHOU Run-Jing. PROTEUS Schematic Simulation and PCB Design Example Refinement[M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2016.
- [16] 王娟. Proteus 软件在单片机专题实训中的应用[J]. 实验室研究与探索, 2012, 31(8): 72—74.
- WANG Juan. Application of Proteus Software in Single-chip Project Training[J]. Laboratory Research and Exploration, 2012, 31(8): 72—74.