

第十六届 蓝桥杯 单片机设计与开发项目 国赛

第二部分 程序设计试题（85 分）

（大学组）

一 基本要求

1. 使用大赛组委会统一提供的四梯单片机竞赛实训平台，完成本试题程序设计与调试。
2. **参考资料：**选手在程序设计与调试过程中，可参考组委会提供的“资源数据包”。
3. **提交要求：**程序编写、调试完成后，选手应通过考试系统提交完整、可编译的 Keil 工程压缩包，压缩包以准考证号命名。选手提交的工程应是最终版本，工程文件夹内应包含以准考证号命名的 **hex** 文件，该 hex 文件是成绩评审的依据。请勿上传与作品工程文件无关的其他文件，不符合文件提交和命名要求的作品将被评为零分，最终上传的压缩文件大小控制在 **30MB** 以内，格式为 .zip、.rar 或 .7z。
4. **硬件配置**
 - 将 IAP15F2K61S2 单片机内部振荡器频率设定为 12MHz。
 - 键盘工作模式 J5 配置为矩阵键盘（KBD）模式。
 - 扩展方式 J13 配置为 IO 模式。

选手需严格按照以上要求配置竞赛板，编写和调试程序，不符合以上配置要求的作品将被评为零分。

二 硬件框图

系统功能实现限定于硬件框图给出的硬件资源，禁止使用其它资源。

系统硬件框图如下图所示：

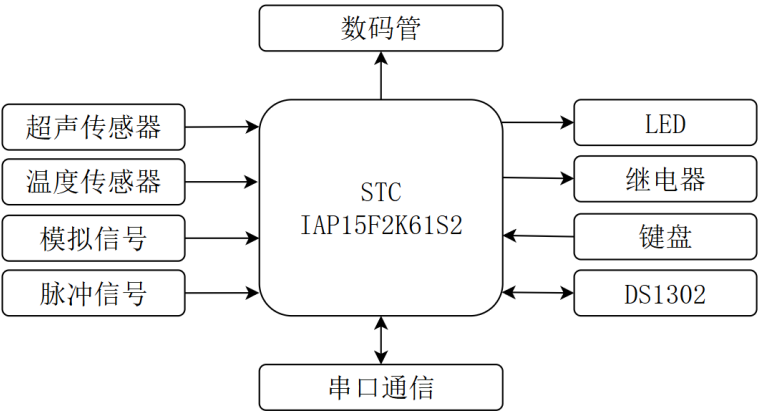


图 1 系统硬件框图

三 功能描述

3.1 功能概述

1. 通过超声波传感器实现液位检测功能，根据液位高度计算得到容器内的液体体积。
2. 通过电位器 RB2 模拟称重传感器输出，经 AD 转换后，换算重量数据。

3. 通过 DS18B20 获取环境温度数据。
 4. 读取脉冲信号输出频率，实现振动状态监测。
 5. 读取 DS1302 实时时钟，获取事件的精确时间标记。
 6. 通过串口实现数据汇集、异常上报和联动控制功能。
 7. 通过数码管完成题目要求的数据显示功能。
 8. 通过键盘实现界面切换、参数设定等功能。
 9. 通过 LED 指示灯完成题目要求的状态指示功能
 10. 通过继电器完成题目要求的控制功能。
- * 优先保障系统功能逻辑完整性。

3.2 性能要求

1. 液位测量精度： $\pm 2\text{cm}$ 。
2. 按键动作响应时间： ≤ 0.1 秒。
3. 串口通信：指令响应时间 ≤ 0.1 秒，响应数据连续、无断帧。
4. 频率测量精度： $\pm 3\%$ 。
5. 输出设备（指示灯/继电器）响应时间： ≤ 0.1 秒。
6. 数码管动态扫描周期、位选通间隔均匀，显示效果清晰、稳定，无闪烁、过暗、亮度不均等明显缺陷。

3.3 振动监测

通过 NE555 输出脉冲信号模拟振动传感器输出。

通过单片机 P34 引脚实现频率测量功能，按照频率数值的大小、变化规律判定是否出现异常状态。

振动异常状态描述：

- ① 数值异常：频率超过频率参数。
- ② 趋势异常：频率值在 5 秒内，连续上升或下降。
- ③ 剧烈变化异常：频率值在 2 秒内变化超过 1000Hz。

设备上电后第一秒开始，间隔 1 秒连续采集信号频率状态。

3.4 容积测量

根据超声波测距结果、尺寸参数和容器类型，实现液体体积、剩余空间等信息的自动计算。

超声波传感器的安装位置：位于容器内、液面正上方。

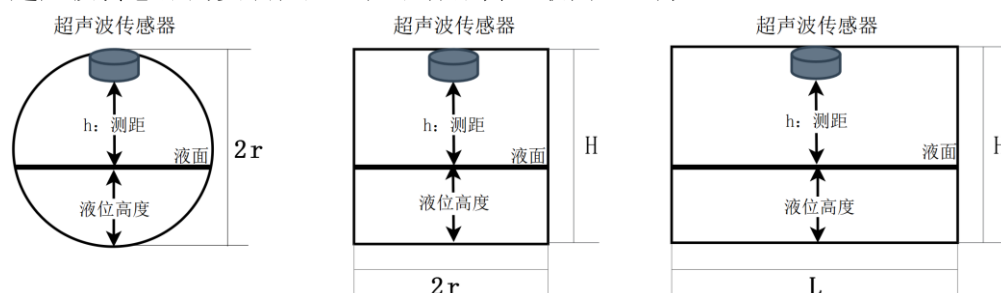


图 2 容器切面示意图（左到右依次为：球体、圆柱体和长方体）

① 液位上限参数 (H1): 容器允许的最大安全液位高度。

② 液位下限参数 (H2): 容器允许的最低安全液位高度。

③ 容器类型参数和尺寸参数:

容器类型 (S): 球体、圆柱体和长方体。

球体半径 (r)

圆柱体高度和半径 (H、r)

长方体的长宽高 (L、W、H)

* π 取值 3.14, 体积、重量分别由独立的测量体系实现, 勿关联计算。

3.5 重量测量

通过电位器模拟称重传感器输出 0-5V 电压信号。

基于 5 点标定法 (0 吨-空载、5 吨、10 吨、15 吨、20 吨) 建立电压-重量的分段线性关系, 单调递增。

3.6 温度测量

通过 DS18B20 温度传感器获取容器内的环境温度, 温度数据用于动态校准声速和抑制称重传感器温度漂移。

① 声速校准:

$$v = (330 + 0.6 * T) m/s$$

速度单位为 m/s, 温度单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

② 称重传感器校准:

$$V_{\text{校准值}} = (0.04 * T^2 - 10 * T + 225)$$

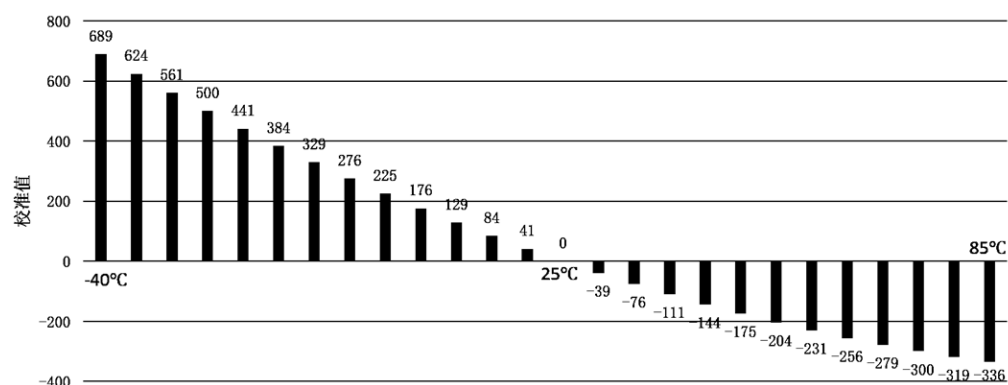


图 3 电压校准值 (mV) - 温度 ($^{\circ}\text{C}$) 对应关系

通过上述公式计算校准值, 将校准值与 RB2 输出的原始电压信号相加, 得到校准后的电压值, 进行称重换算。

* 若校准后电压超出标定范围, 则取相应边界对应的重量。

3.7 实时时钟

设备通过 DS1302 时钟芯片获取时间数据。

3.8 串口通信

通过串口实现设备状态记录、时间调整和参数调整等功能。

串口通信配置：波特率设置为 9600bps，8 个数据位，1 个停止位，无校验。

1. 配置参数

数据格式约定：(参数标识, 参数值) (参数标识, 参数值) … (参数标识, 参数值) …

参数类型表

参数类型	参数标识	参数说明
液位上限	H1	单位 m，保留小数点后 1 位有效数字
液位下限	H2	单位 m，保留小数点后 1 位有效数字
频率参数	F	单位 Hz，整数
容器类型	S	0：球体、1：圆柱体、2：长方体
半径	r	单位 m，保留小数点后 1 位有效数字
长度	L	单位 m，保留小数点后 1 位有效数字
宽度	W	单位 m，保留小数点后 1 位有效数字
高度	H	单位 m，保留小数点后 1 位有效数字

举例

发送：(H1, 2. 0) (H2, 0. 3) (r, 1. 2)

应答：OK

说明：通过计算机向设备发送一组参数，将液位上限参数配置为 2. 0 米、下限参数配置为 0. 3 米、半径参数配置为 1. 2 米。

发送：(S, 1)

应答：OK

说明：通过计算机向设备发送一组参数，将容器类型设置为圆柱体。

发送：(S, 3)

应答：ERROR

说明：参数错误，不生效。

发送：(W, 2. 0) (S, 3)

应答：WARN

说明：通过计算机向设备发送一组参数，宽度参数设置为 2. 0，生效；容器类型参数错误，不生效，返回 WARN。

2. 异常上报

发生异常时，设备通过串口主动上报信息。

数据格式约定：[异常代码, 时间戳, 异常值]

异常类型表：

参数类型	异常代码	异常值
超过液位上限	500	液位值, 单位 m, 保留小数点 2 位有效数字
低于液位下限	501	液位值, 单位 m, 保留小数点 2 位有效数字
频率数值异常	502	频率值, 单位 hz, 整数
频率趋势异常	503	0：连续下降、1：连续上升
频率剧烈变化	504	频率变化差值，单位 hz，整数

举例

设备上报：[500,080002,2.13]

说明：8时0分2秒发生500类型异常，异常值2.13。

设备上报：[503,080005,0]

说明：8时0分5秒发送503类型异常，异常值0（连续下降）。

* 若趋势异常状态持续，要求只上报一次数据。

3. 查询参数

数据格式约定：(参数标识,?)

举例

发送：(F,?)

应答：(F,1000)

说明：计算机向设备发送查询频率参数指令，设备返回参数值为1000Hz。

发送：(S,?)

应答：(S,0)

说明：计算机向设备发送查询容器类型，设备返回容器类型0（球体）。

4. 配置时间

数据格式约定：(T:HHMMSS)

举例

发送：(T:140850)

应答：OK

说明：将设备时间配置为14时8分50秒。

* 对时间应进行有效性验证，忽略无效配置并返回ERROR。

3.9 显示功能

1. 数据界面

数据界面包含时间、液位、体积、重量四个子界面，格式如图4-1/6所示。

① 时间显示

显示内容包括时、分、秒数值。

2	2	-	0	8	-	5	4
时间：22时8分54秒							

图 4-1 时间显示格式

② 液位显示

显示液位高度和温度数值。

液位单位为m，保留小数点后2位有效数字；温度值单位为℃，整数。

8	8	2	3	-	0.	3	5
熄灭	温度值：23℃			间隔符	液位高度：0.35m		

图 4-2 液位显示格式（正温度）

8	-	1	2	-	0.	3	5
熄灭	温度值：-12℃			间隔符	液位高度：0.35m		

图 4-3 液位显示格式（负温度）

③ 体积显示

显示容器内当前的剩余空间（百分比）和液体体积。

液位体积单位 m^3 ，保留小数点后 1 位有效数字。

剩余空间（百分比），整数。

0	2	3	-	0	0	3.	5
剩余空间：23%			间隔符	3.5 m^3			

图 4-4 体积显示格式

④ 重量显示

显示重量值和温度值。

重量单位为吨，保留小数点后 1 位有效数字。

温度单位为 $^{\circ}\text{C}$ ，整数。

0	2	3	-	0	0	3.	5
温度值：23 $^{\circ}\text{C}$			间隔符	3.5 吨			

图 4-5 重量显示（正温度）

-	2	3	-	0	1	2.	6
温度值：-23 $^{\circ}\text{C}$			间隔符	12.6 吨			

图 4-6 重量显示（负温度）

2. 参数界面

参数界面显示格式如图 5 所示。

P	1	-	0	0	0	1.	2
参数编号:1		间隔符	液位上限参数（H1）:1.2 m				

图 5 参数显示格式

H1、H2、F、S、r、L、W、H 编号为 1-8，参数值在数码管上右对齐显示。

3. 标定界面

标定界面显示如图 6-1/5 所示，显示内容包括标定点及标定电压值，标定电压值单位为 V，保留小数点后 1 位有效数字。

E	0	0	0	0	0	0.	0
空载			熄灭			0V	

图 6-1 空载-0 吨标定点

E	0	5	0	0	0	1.	0
5 吨标定点			熄灭			1.0V	

图 6-2 5 吨标定点

E	1	0	0	0	0	2.	2
10 吨标定点			熄灭			2.2V	

图 6-3 10 吨标定点

E	1	5	0	0	0	4.	2
15 吨标定点			熄灭			4.2V	

图 6-4 15 吨标定点

E	2	0	0	0	0	5.	0
20 吨标定点			熄灭			5.0V	

图 6-5 20 吨标定点

4. 显示功能设计要求

- 当实际数据长度不足显示约定的格式长度时，高位数码管熄灭。
- 按照题目要求的界面格式和切换方式进行设计。
- 数码管显示稳定、清晰，无重影、闪烁、过暗、亮度不均匀等严重影响显示效果的设计缺陷。
- 数码管显示内容刷新 ≤ 0.1 秒。
- 切换不同的数码管显示界面，不影响数据采集和输出控制功能。

3.10 按键功能

1. 功能说明

使用 S4、S5、S8、S9 完成界面切换与设置功能。

- S4：定义为“主界面”按键。

按下 S4 按键，切换数据、参数和标定三个主界面, 切换模式如图 7 所示。

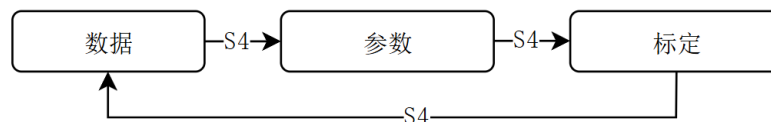


图 7 界面切换模式

****** 按键 S4 在任意显示状态下有效。

每次进入数据界面，默认当前为时间显示。

每次进入参数界面，默认当前为液位上限参数。

每次进入标定界面，默认当前为空载-0 吨标定点。

- S5：定义为“子界面”按键，可以通过 S5 按键切换数据、参数、标定三个主界面的子界面。
 - ① 数据界面下：按照时间、液位、体积、重量的顺序往复切换。
 - ② 参数界面下：按照参数编号 1、2、3 … 8、1 … 往复切换。
 - ③ 标定界面下：按照标定点空载-0 吨、5 吨、10 吨、15 吨、20 吨 … 空载-0 吨 … 往复切换。
- S8：定义为“加”按键
标定电压值加 0.1V。
- S9：定义为“减”按键
标定电压值减 0.1V。

2. 按键功能设计要求

- S8、S9 按键在标定界面下有效。
- 按键应做好消抖处理，避免出现一次按键动作导致功能多次触发。
- 按键动作不影响数据采集和数码管显示等其他功能。

- 离开标定界面前，校验标定电压值，合理则保存生效、退出界面；否则恢复为进入标定界面前的原值、退出界面。

3.11 指示灯状态控制

1. 数据界面指示灯

时间显示，L1 点亮，L2、L3、L4 熄灭。

液位显示，L2 点亮，L1、L3、L4 熄灭。

体积显示，L3 点亮，L1、L2、L4 熄灭。

重量显示，L4 点亮，L1、L2、L3 熄灭。

2. 异常状态指示灯

参数类型	异常代码	状态说明
液位越限	500/501	LD5 点亮，否则熄灭
频率数值异常	502	LD6 点亮，否则熄灭
频率趋势异常	503	LD7 以 0.1s 为间隔闪烁，否则熄灭
频率剧烈变化	504	LD8 以 0.2s 为间隔闪烁，3 秒后熄灭

3.12 继电器控制

异常状态发生时（500-504），设备控制继电器吸合，否则继电器断开。

四 初始状态

请严格按照以下要求设计作品的上电初始状态。

- 1) 数据界面（时间显示：23 时 59 分 50 秒）。
- 2) 蜂鸣器静音。
- 3) 参数状态

参数类型	参数标识	默认值
液位上限	H1	1.0m
液位下限	H2	0.1m
频率参数	F	2000Hz
容器类型	S	2(长方体)
半径	r	1.0m
长度	L	1.0m
宽度	W	1.0m
高度	H	1.0m

4) 标定值状态

标定点	默认标定电压值
空载-0 吨	0V
5 吨	1.0V
10 吨	2.0V
15 吨	4.0V
20 吨	5.0V