

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：

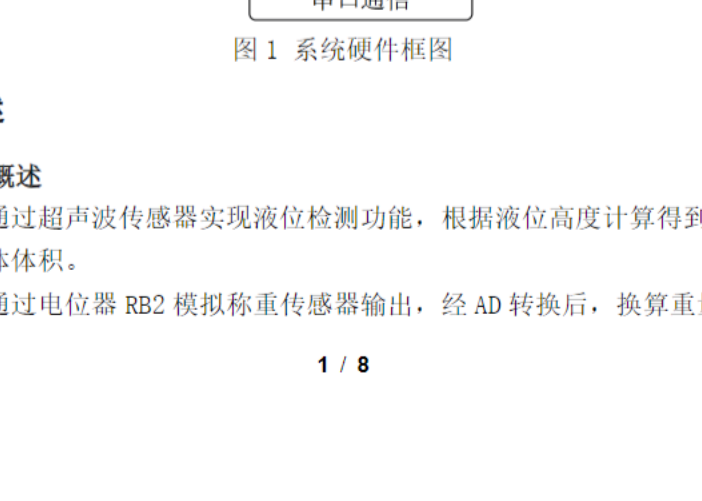


图1 系统硬件框图

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。

1 / 8

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：±2cm。
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：±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，计算液体体积，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。

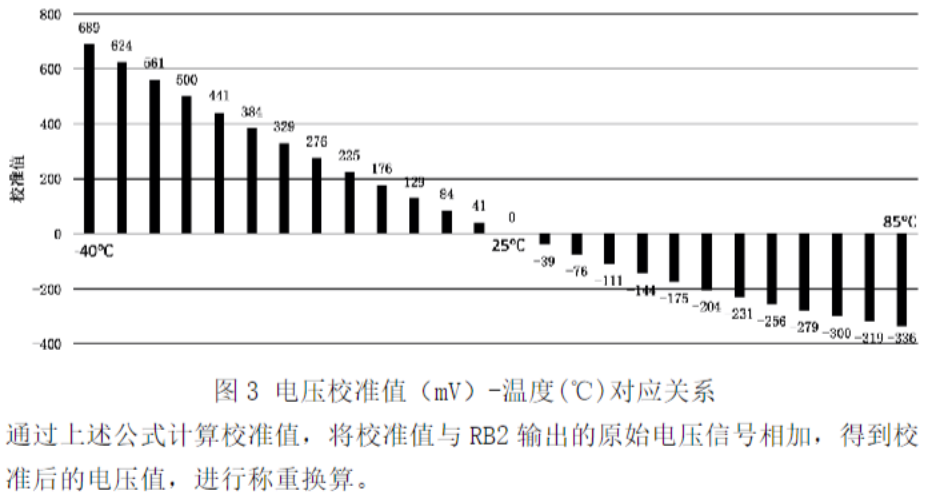


图2 容器切面示意图（左到右依次为：球体、圆柱体和长方体）

2 / 8

- 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℃。

- ② 称重传感器校准：

$$V_{校准值} = (0.04 * t^2 - 10 * t + 440)$$

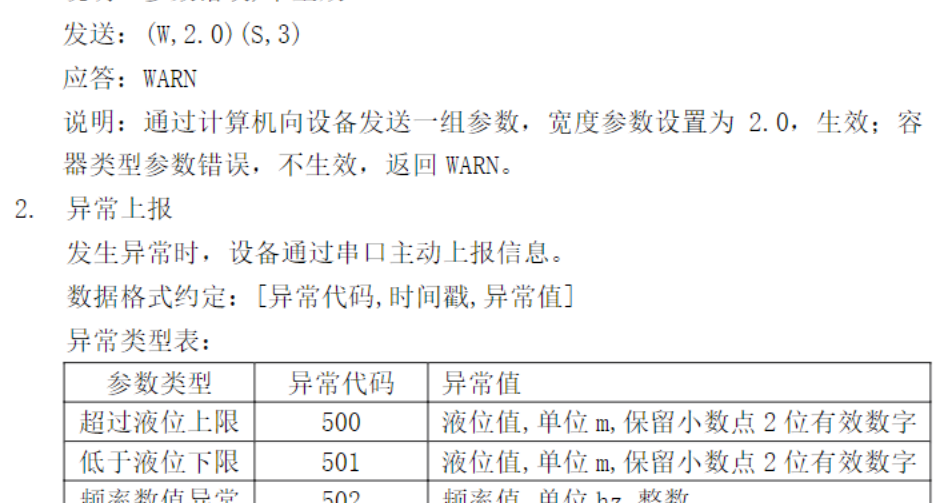


图3 电压校准值（mV）~温度（℃）对应关系

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。

3 / 8

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

4 / 8

设备上报：[500,090002,2.13]

说明：8 时 0 分 2 秒发生 500 类型异常，异常值 2.13。

设备上报：[503,090005,0]

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
---	---	---	---	---	---	---	---

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）

5 / 8

- 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 m³，保留小数点后 1 位有效数字。
剩余空间（百分比），整数。

8	2	3	-	8	8	3	5
---	---	---	---	---	---	---	---

剩余空间：23%	间隔符	3.5m³
----------	-----	-------

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℃，整数。

8	2	3	-	8	8	3	5
---	---	---	---	---	---	---	---

温度值：23℃	间隔符	3.5 吨
---------	-----	-------

图 4-5 重量显示（正温度）

-	2	3	-	8	1	2	6
---	---	---	---	---	---	---	---

温度值：-23℃	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	-	8	8	8	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	8	8	8	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---

空载	熄灭	0V
----	----	----

图 6-1 空载-0 吨标定点

E	0	5	8	8	8	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

5 吨标定点	熄灭	1.0V
--------	----	------

图 6-2 5 吨标定点

E	1	0	8	8	8	2	2
---	---	---	---	---	---	---	---

10 吨标定点	熄灭	2.2V
---------	----	------

图 6-3 10 吨标定点

E	1	5	8	8	8	4	2
---	---	---	---	---	---	---	---

15 吨标定点	熄灭	4.2V
---------	----	------

图 6-4 15 吨标定点

6 / 8

E	2	0	8	8	8	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. 使用说明

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。

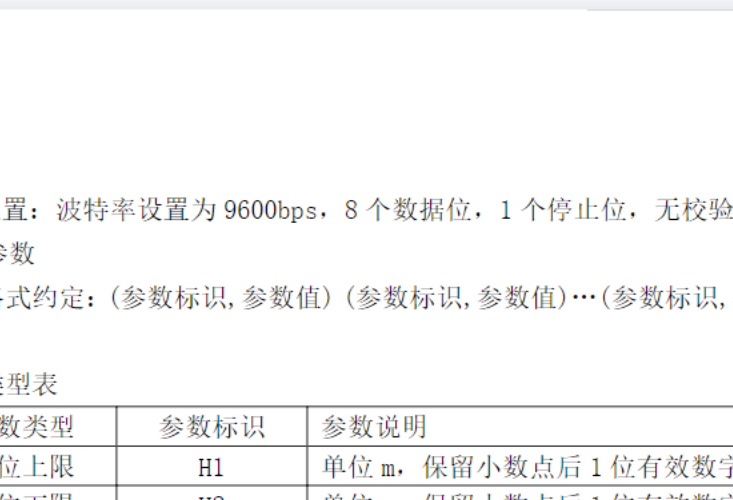


图 7 界面切换模式

** 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。
- 按键应做好抖动处理，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。

7 / 8

- 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
液位超限	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	1000Hz
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

8 / 8