

第十五届 蓝桥杯 嵌入式设计与开发项目 国赛

第二部分 程序设计试题（85 分）

1. 基本要求

- 1.1 使用大赛组委会提供的四梯嵌入式竞赛实训平台，完成本试题的程序设计与调试。
- 1.2 **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”。
- 1.3 **提交要求：**程序编写、调试完成后，选手需通过考试系统提交包含其自行编写的最终版本的.c、.h 源文件（不包含库文件）和.hex 文件的压缩文件。**.hex** 文件是成绩评审的依据，要求以选手准考证号命名。

注意事项

- 需提交的源文件是指选手工程文件中自行编写或修改过的.c 和.h 文件。资源数据包中原有的选手未修改过的.c、.h 源文件和其他文件不需要上传考试系统。**.hex** 文件由 MDK-ARM 集成开发环境编译后生成，选手可以在工程文件相应的输出文件夹中查找。
- 严格按照文件提交与命名要求，不符合以上文件提交要求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。

2. 硬件配置

请在 80MHz 系统主频下完成本试题的全部要求。

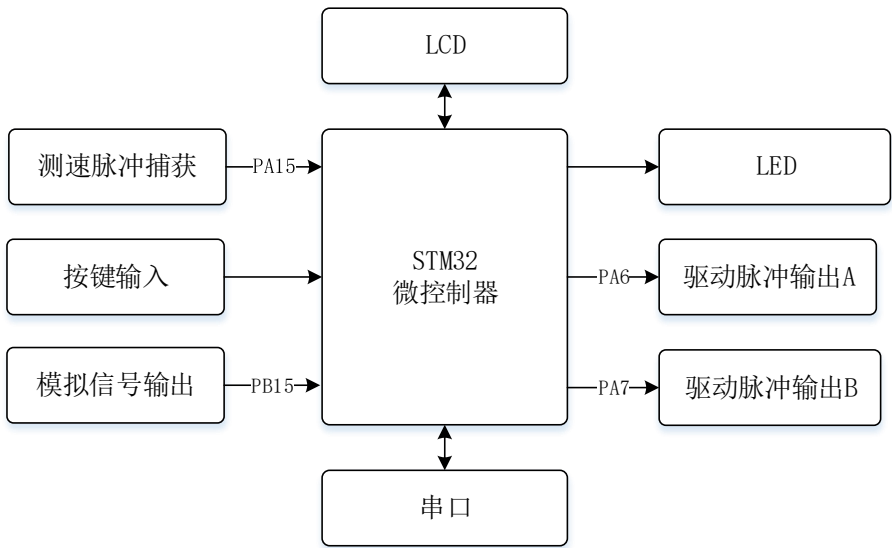


图 1 硬件框图

3. 功能要求

3.1 功能概述

- 1) 通过串口通信单元接收一系列途经地和目的地坐标，自动计算出本次行进的路程距离，支持通过串口设置工作场景。
- 2) 通过 PA6、PA7 引脚输出用于驱动电机的频率、占空比可调的脉冲信号。通

过微控制器 ADC 通道 (PB15) 测量模拟电压信号, 实现对电机驱动脉冲 A、B 的占空比控制功能。

- 3) 通过微控制器定时器通道 (PA15) 测量脉冲信号频率, 将频率信号转换为速度信号, 实现“行进速度”计算功能。
- 4) 按照试题要求, 通过 LCD, 完成途经地、目的地的坐标、行进距离、参数等数据显示功能。
- 5) 按照试题要求, 通过按键完成界面切换、参数设定、启停控制等功能。
- 6) 按照试题要求, 通过 LED 指示灯, 完成状态指示功能。

3.2 性能要求

- 1) 按键动作响应时间: ≤ 0.2 秒。
- 2) 指示灯动作响应时间: ≤ 0.2 秒。
- 3) 频率测量
范围: 400Hz - 20KHz
精度: $\pm 4\%$
- 4) 电机驱动脉冲输出精度
频率: $\pm 4\%$
占空比: $\pm 2\%$
- 5) 串口通信指令响应时间: ≤ 0.8 秒。
- 6) 支持设定坐标点 (途经地坐标、目的地坐标): ≥ 100 个。
- 7) LCD 显示数据刷新时间 0.2 秒, 保证显示效果清晰、稳定, 无噪点。

3.3 功能说明

设备有空闲、等待和运行三种状态。

- 1) “空闲”状态表示设备未动。行进速度为 0cm/s, 此状态下接收到途经地、目的地坐标, 可以通过启动按键将设备切换为“运行”状态, 设备自动计算从起点位置顺序经各个途经地, 最终到达目的地的距离; 到达目的地后, 自动切换回“空闲”状态。

途经地可以存在多个, 如图 2 所示。出发地到目的地的距离是从出发地开始经各途经地, 最终到目的地的各条直线线段的长度总和, 途经地支持动态删除。

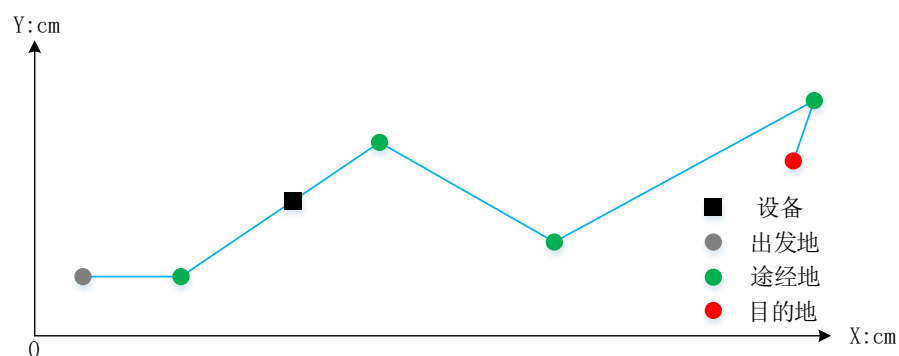


图 2 出发地-目的地示意图

- 2) “运行”状态表示设备在行进中。行进速度由 PA15 引脚测量到的频率数据

换算得到。“运行”状态下电机驱动脉冲 A、B 输出按照工作场景和 PB15 测量到的模拟电压信号进行配置，“空闲”和“等待”状态下保持低电平。

- 3) “等待”状态表示行进暂停，由按键触发。等待状态下，设备行进速度为 0 cm/s，恢复“运行”状态，需通过相应按键动作完成，“等待”的前一个状态必须是“运行”状态。

3.4 通信功能

通过 STM32 USART1 完成下列串口通信功能。

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 设置途经地、目的地坐标

通过串口调试工具向设备发送一系列的途经地、目的地坐标，数字以英文逗号分隔，并用括号包裹。

坐标为整数，X、Y 坐标取值范围为 0 - 999，坐标轴单位为 cm。

举例：

发送：

(48,92)

应答：

Got it

说明：通过计算机向设备串口发送 1 组坐标(48,92)，若设备处于“空闲”状态，设备应答 Got it，否则应答 Busy。只有一组坐标数据，表示该组数据为目的地的坐标，X 坐标为 48，Y 坐标为 92。

举例：

发送：

(48,92,90,100,200,3,20,60)

应答：

Got it

说明：通过计算机向设备串口发送 4 组坐标信息，若设备处于“空闲”状态，设备应答 Got it，否则应答 Busy。第一个途经地的 X 坐标为 48，Y 坐标为 92，目的地的 X 坐标为 20，Y 坐标为 60。

② 删除途经地（路径规划）

通过串口调试工具向设备发送{X,Y}，表示删除一个途经地坐标。

举例：

发送：

{200,3}

应答：

Got it

说明：只要途经地坐标已经设置，且设备尚未经过该途经地点，均可以删除该途经地坐标。若该途经地不存在或已经失效，返回 Nonexistent。

③ 设置场景

通过串口调试工具向设备发送[1…4]，表示配置设备的工作场景。

举例：

发送：

[1]

应答：

Got it

说明：支持 4 种工作场景配置，在“运行”状态下，向设备发送[1],表示将设备的工作场景配置为场景 1，其它状态下，设备应答 **Device offline**。

④ 查询设备状态

通过串口调试工具向设备发送字符?, 表示查询设备当前的状态。

举例：

发送：

?

应答：

Idle

说明：向设备发送查询设备状态字符?,若设备处于“空闲”状态，设备应答 **Idle**,处于“等待”状态，设备应答 **Wait**，“运行”状态应答 **Busy**。

⑤ 查询设备位置

通过串口调试工具向设备发送查询位置字符#, 表示查询设备的当前位置。

举例：

发送：

#

应答：

(9,100)

** 所有串口通信指令和应答内容均为 ASCII 字符，若设备串口接收到未定义的指令或错误设置，指令不生效，返回 **Error**。

** 严格按照上述格式的约定，设计设备的串口通信功能，区分大小写，勿添加回车、换行等其它内容。

3.5 速度测量

通过微控制器定时器通道 PA15 引脚实现频率测量功能，将频率值换算为“行进速度”，频率和行进速度的转换关系：

$$v = \pi RF/100 + B$$

π 值取 3.14。

F 为频率值，单位为 Hz。

R 和 B 为可调参数，R 取值范围：1.0 ~ 2.0，单位为 (cm/s)/Hz；B 取值范围，10 ~ 100，单位为 cm/s。

速度值 v 保留小数点后 1 位有效数字，单位为 cm/s。

3.6 场景配置

设备可以通过串口配置 4 种工作场景，对应电机驱动脉冲 A、B 输出脉冲频率关系如表 1 所示。

表 1 脉冲频率输出频率与设备工作场景关系表

场景编号	驱动脉冲 A 频率	驱动脉冲 B 频率
1	1KHz	1KHz
2	4KHz	1KHz
3	1KHz	4KHz
4	4KHz	4KHz

3.7 驱动控制

电机驱动脉冲 A、B 输出脉冲占空比与 PB15 测量到的模拟电压信号相关，对应关系如表 2 所示。

表 2 脉冲频率输出占空比与模拟电压信号关系表

电压条件 V	驱动脉冲 A 占空比	驱动脉冲 B 占空比
$V < 0.5$	10%	5%
$0.5 \leq V < 1.0$	30%	25%
$1.0 \leq V < 1.5$	50%	45%
$1.5 \leq V < 2.0$	70%	65%
$2.0 \leq V < 2.5$	90%	85%
$V \geq 2.5$	95%	90%

3.8 显示功能

1) 行程界面

显示要素包括界面名称 (DATA)、设备状态 (ST)、当前坐标 (CP)、下一个目标坐标 (TP)、当前速度 (SE) 和剩余行程点数量 (RN)。

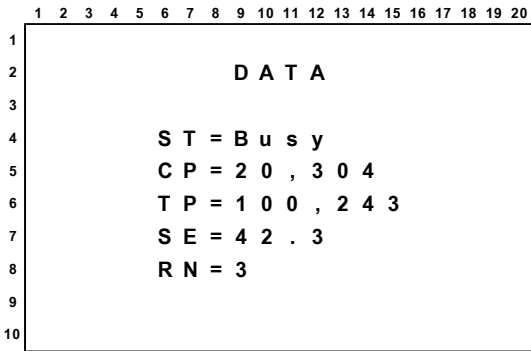


图 3 行程界面

- ① ST: 代表设备状态,设备有空闲(Idle)、运行(Busy)和等待(Wait)三种状态。
- ② CP: 代表设备当前的坐标,第一个数字为 X 坐标,第二个数字为 Y 坐标,以英文逗号间隔开,坐标随设备的运行状态动态更新,“空闲”和“等待”时保持不变。
- ③ TP: 代表即将到达的途经地(或目的地)坐标,第一个数字为 X 坐标,第二个数字为 Y 坐标,以英文逗号间隔开,若处于“空闲”状态,TP 的坐标值以 NF 代替,显示 TP=NF。
- ④ SE: 代表“运行”状态下的速度值,保留小数点后 1 位有效数字,

速度值通过 PA15 引脚测量信号频率换算得到，单位为 cm/s, 保留小数点后 1 位有效数字。“空闲”和“等待”状态下，SE 值固定为 0.0，与测量频率值无关。

⑤ RN: 代表“运行”和“等待”状态下本次行程的剩余途经地（含目的地）的数量，在“空闲”状态下，RN 的值以 NF 代替，显示 RN=NF。

2) 参数界面

显示要素包括界面名称（PARA）、R 参数和 B 参数。

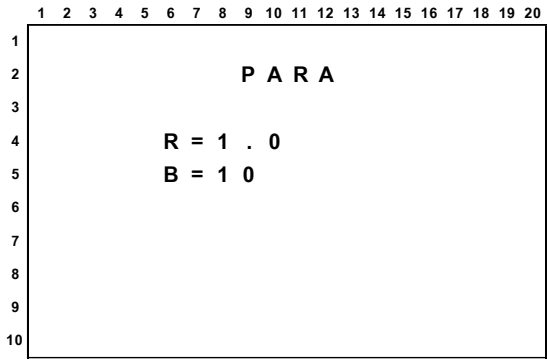


图 4 参数界面

R 参数保留小数点后 1 位有效数字，B 参数为整数，这两个参数与设备速度计算相关。

3) 统计界面

显示要素包括：界面名称（RECD）、累计行程(TS)和累计运行时长（TT）。

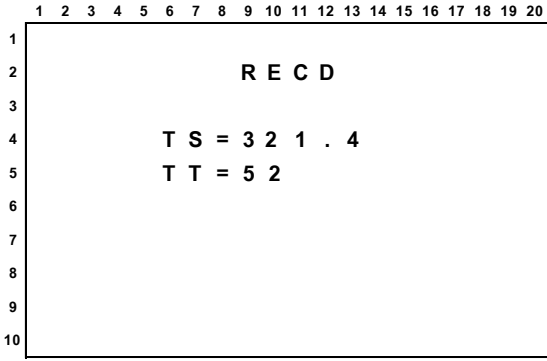


图 5 统计界面

- ① TS: 累计行程，单位为 cm，保留小数点后 1 位有效数字。
- ② TT: 累计运行时长，单位为秒，整数，不计空闲、等待状态下的时长。

4) LCD 通用显示要求

- 显示背景色 (BackColor): 黑色
- 显示前景色 (TextColor): 白色
- 数据项与对应的数据之间使用 “=” 间隔开。
- 使用资源数据包中提供的驱动和字库文件，严格按照图示 3、4、5 要求设计各个信息项的名称（区分字母大小写）和行列位置。

3.9 按键功能

- 1) B1: 定义为启动按键，按键功能定义如图 6 所示。

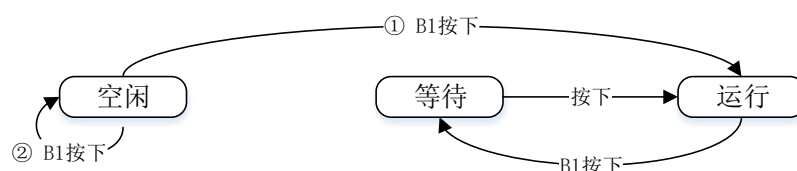


图 6 B1 按键功能定义

① “空闲”状态下，若设备当前已接收目的地坐标，按下 S4 按键切换为“运行”状态，② 否则状态不变。PA6、PA7 仅在“运行”状态下保持脉冲输出，其它状态下保持低电平。

2) B2: 定义为“界面”按键, 每次按下切换 LCD 界面显示状态。

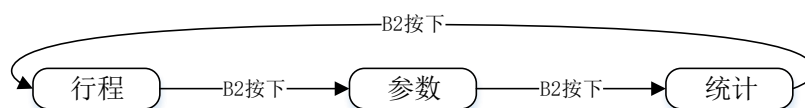


图 7 界面切换模式

3) B3: 定义为“选择”按键, 在参数界面下, 切换当前选择的 R 或 B 参数。

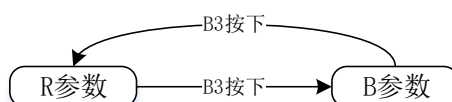


图 8 参数选择切换模式

每次从行程界面进入参数界面，默认当前选择的是 R 参数。

4) B4: 定义为“调整”按键, 在参数界面下有效。

① 若当前选择的是 R 参数, 按下 B4, R 参数加 0.1, 增加到 2.0 后, 继续按下 B4 按键, R 参数为 1.0。

② 若当前选择的是 B 参数, 按下 B4, B 参数加 10, 增加到 100 后, 继续按下 B4 按键, B 参数为 10。

5) 组合按键 (B3、B4): 行程界面下, 若设备处于“空闲”状态下, B3、B4 按键均按下, 保持 2 秒后松开, 触发重置功能, 清零累计行程 (TS) 和累计运行时长 (TT) 数据。

按键功能设计要求:

- 按键应进行有效的防抖处理, 避免出现一次按键动作触发多次功能等情形。
- 有效区分长、短、组合按键功能。
- 按键动作不应影响数据采集过程和屏幕显示效果, 不改变显示字体前景色和背景色。
- 参数调整应考虑边界值, 不出现无效参数。
R 范围: 1.0 ~ 2.0
B 范围: 10 ~ 100
- 当前界面下无功能的按键按下, 不触发其它界面的功能。

3.10 LED 指示灯功能

- 1) LD1 设备状态指示灯：
空闲状态 LD1 熄灭，运行状态点亮，等待状态下，0.2 秒为间隔切换亮灭状态（0.2 秒亮，0.2 秒灭）。
- 2) LD5-LD8 场景指示灯：
场景指示灯 LD5-LD8 的场景指示功能，在设备处于任何状态下均有效。
工作场景 1, LD5 点亮，其余熄灭。
工作场景 2, LD6 点亮，其余熄灭。
工作场景 3, LD7 点亮，其余熄灭。
工作场景 4, LD8 点亮，其余熄灭。
- 3) 功能未定义指示灯始终处于熄灭状态。

4) 初始状态说明

请严格按照下列要求设计作品上电后的初始状态：

- 1) 处于“空闲”状态。
- 2) 参数 R:1.0。
- 3) 参数 B:10。
- 4) 默认工作场景：1。
- 5) 处于行程界面。
- 6) 累计行程(TS)：0cm。
- 7) 累计运行时长(TT)：0s。
- 8) 起始位置（设备起始坐标）为(0,0)。