

定速巡航系统

1. 系统概述

定速巡航系统，又称为车辆定速巡航行驶装置，速度控制系统，自动驾驶系统等。其作用是：按司机要求的速度合开关之后，不用踩油门踏板就自动地保持车速，使汽车以固定的速度行驶。

定速巡航系统能够控制油门，从而对汽车速度进行控制。同时，车速传感器可以将当前的车速值发送给定速巡航系统；巡航设置模块可以进行定速巡航系统的启动、停止，还能够调节设定车速。

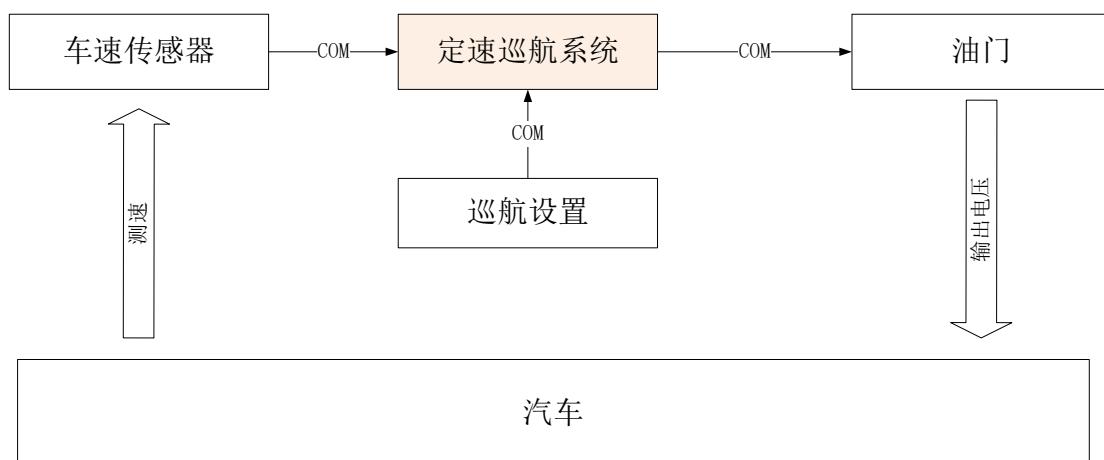


图 1 速度控制系统

从上图可以看出，整个系统由定速巡航系统、油门、车速传感器、巡航设置模块构成。其中定速巡航系统是嵌入式计算机系统，运行嵌入式软件，是我们的被测对象。

系统的工作流程是：首先用户通过巡航设置接口，发送启动指令启动定速巡航系统开始工作；然后，定速巡航系统自动工作，自动采集车速传感器的车速值，与设定巡航速度值进行比较，如果没有达到巡航速度值，则自动调节控制油门信号的输出，使汽车速度达到巡航速度值；如果车速达到巡航速度值，定速巡航系统继续工作，自动调节控制油门信号的输出，使汽车按巡航速度值稳定行驶。直到用户通过巡航设置模块重新设置目标速度，或者关闭定速巡航。关闭定速巡航后，定速巡航系统停止输出油门控制指令。

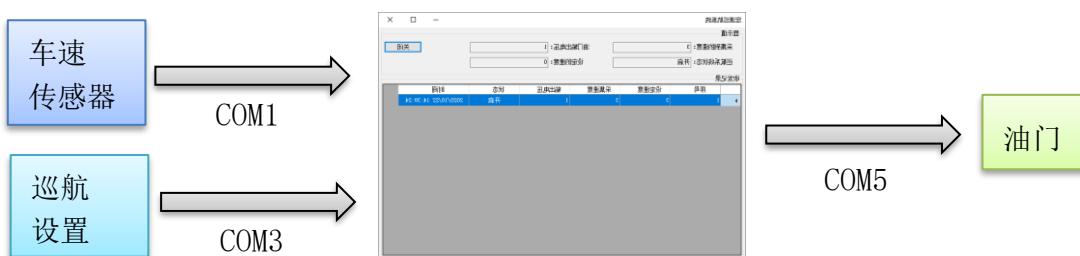
本文档对定速巡航系统的工作方法进行了描述。选手需要对给出的被测软件进行测试，验证其工作是否同需求文档的描述一致（包括功能需求、接口需求、性能需求；标注“不做测试要求”的除外）。

2. 功能需求

功能需求包括启动停止功能、加减速功能、车速采集功能、油门控制功能这几部分。

被测软件为了使用方便，将接口形式进行了转化，输入输出数据都使用串口 COM 来进行。具体描述如下：

定速巡航系统软件从串口 COM1 读取数据包，作为车速传感器输入接口，数据包格式见 3.3 节；使用 COM5 作为油门信号输出接口，数据包格式见 3.2 节；使用 COM3 作为巡航设置输入接口，数据包格式见 3.1 节。



三个 COM 口的通信参数都是：波特率为 9600，校验位无，数据位 8，停止位 1。

2.1. 启动停止功能(F_Start)

定速巡航系统界面打开后，处于停止工作状态。

定速巡航系统界面上有“开启”或者“停止”状态显示。

通过巡航设置输入接口，给速巡航系统输入启动或者停止指令数据。当定速巡航系统收到启动指令数据后，开始工作，定速巡航系统界面显示“开启”状态；当定速巡航系统收到停止指令数据后，停止工作，定速巡航系统界面显示“停止”状态。

2.2. 车速采集处理(F_Senser)

在运行状态下，定速巡航系统通过车速传感器输入接口采集到当前车速数据，设定为系统的“采集到的速度”值，并将数据值显示在软件界面中。

当前速度的范围是：0~100km/h。超出范围时，要做截断处理，截断为边界值。

2.3. 油门控制功能(F_Accelerator)

在运行状态下，定速巡航系统采集到车速数据，输出一次油门数据。定速巡航系统通过油门输出接口输出油门数据。油门数据为电压值。电压单位为伏。

定速巡航系统计算当前时刻 k 输出的电压值 $U(k)$ 。计算公式为：

$$\begin{aligned} U(k) &= U(k-1) \\ &= D_p * [e(k) - e(k-1)] + D_i * e(k) + D_d * [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)] \end{aligned}$$

其中 $U(k)$ 为当前时刻 k 输出的电压值， $U(k-1)$ 为上一时刻输出的电压值。

D_p 、 D_i 、 D_d 是控制系数， $D_p=0.05$ 、 $D_i=0.1$ 、 $D_d=0.1$ 。初始电压 $U(0)=1$ 伏。

$e(k)$ 为当前时刻 k 的控速差值，计算公式为：

$$e(k) = Vd - V(k)$$

其中 Vd 为设定车速， $V(k)$ 为当前车速。 $V(0)=Vd$ ， $V(-1)=Vd$ 。

如果计算得到的电压值为负值，截断为 0。

计算完成后，定速巡航系统按照 3.2 节的要求，输出一帧油门输出数据包，包含得到的电压数值 $U(k)$ 。

测试要求：请给出当设定车速为 80，连续 10 次输入实际车速为 [60, 63, 67, 71, 73, 76, 79, 81, 83, 85] 时，第 10 次的预期输出电压值，并测试被测件的实际输出是否正确。

2.4. 加减速功能(F_Set)

定速巡航系统通过接收巡航设置输入接口的加减速指令，设置巡航速度值。当定速巡航系统收到加速指令数据后，巡航速度值加 1km/h，并在软件界面上显示新的巡航速度值；当定速巡航系统收到减速指令数据后，巡航速度值减 1km/h，并在界面上显示新的巡航速度值。

巡航速度有效值范围为 0~100km/h。当加减速造成巡航速度值超出有效值范围时，加减速指令不生效，巡航速度值不变。

当巡航速度变化的时候，如果是开启状态，需要重新计算油门输出电压值，

并输出一帧油门输出数据包。

3. 接口需求

定速巡航系统与车速传感器、油门、巡航设置之间使用串口进行通讯。

所有串口都采用相同的通信参数：波特率：9600；奇偶校验：不发生奇偶校验；数据位长：8位；停止位：1位停止位。

3.1. 巡航设置输入接口(I_Set)

定速巡航系统采集巡航设置模块发送的开启停止指令和加减速指令，其格式如表1所示。

表1 巡航设置输入接口数据帧格式

| 字节号 | 长度 | 字段 | 内容 |
|-----|----|------|---|
| 0-1 | 2 | 包头 | 固定值：0xFF 0x55 |
| 2 | 1 | 指令类型 | 0x01（开启停止） 0x02（加减速） |
| 3 | 1 | 数据长度 | 固定值：0x02 |
| 4-5 | 2 | 数据内容 | 小端字节序； 当指令类型值为1时：0（开启）、0xFFFF（停止）； 当指令类型值为2时：0（加速）、0xFFFF（减速） |
| 6-7 | 2 | 校验和 | 校验值，xx xx（从第2号到5号字节按字节进行累加和，得到校验码），小端字节序 |
| 8-9 | 2 | 包尾 | 固定值：0xFF 0x55 |

输入接口处理时，要考虑数据帧格式的容错处理，容错处理的要求如下：

- (1) 当接收到的校验和字段发生错误时，应做丢包处理。
- (2) 包头、指令类型、数据长度、数据内容、包尾应该按照要求填写，否则做出丢包处理。当包前有冗余字段时，应该可以剔除冗余字段。

3.2. 油门输出接口(I_Accelerator)

定速巡航系统依据功能需求向油门发送数据，其数据格式如表2所示。

表2 油门输出接口数据帧格式

| 字节号 | 长度 | 字段 | 内容 |
|-------|----|----------------|--|
| 0-1 | 2 | 包头 | 固定值: 0xFF 0x55 |
| 2 | 1 | 指令类型 | 固定值: 0x05 (油门) |
| 3 | 1 | 数据长度 | 固定值: 0x04 |
| 4-7 | 4 | 油门输出电压 (单位为 V) | 单精度浮点数, 小端字节序, 数据范围为 1~5V |
| 8-9 | 2 | 校验和 | 校验值, xx xx (从第 2 号到 7 号字节按字节进行累加和, 得到校验码), 小端字节序 |
| 10-11 | 2 | 包尾 | 固定值: 0xFF 0x55 |

3.3. 车速传感器输入接口(I_Senser)

定速巡航系统依据功能需求采集车速传感器数据, 其数据格式如表 3 所示。

表 3 车速传感器输入接口数据帧格式

| 字节号 | 长度 | 字段 | 内容 |
|-------|----|---------------|--|
| 0-1 | 2 | 包头 | 固定值: 0xFF 0x55 |
| 2 | 1 | 指令类型 | 固定值: 0x08 (车速传感器) |
| 3 | 1 | 数据长度 | 固定值: 0x04 |
| 4-7 | 4 | 车速值(单位为 km/h) | 单精度浮点数, 小端字节序, 数据范围为 0~100km/h |
| 8-9 | 2 | 校验和 | 校验值, xx xx (从第 2 号到 7 号字节按字节进行累加和, 得到校验码), 小端字节序 |
| 10-11 | 2 | 包尾 | 固定值: 0xFF 0x55 |

输入接口处理时, 要考虑数据帧格式的容错处理, 容错处理的要求如下:

- (1) 当接收到的校验和字段发生错误时, 应做丢包处理。
- (2) 包头、指令类型、数据长度、包尾应该按照要求填写, 否则做出丢包处理。

当包前有冗余字段时, 应该可以剔除冗余字段。

4. 性能需求

4.1. 油门输出时间性能需求(P_Control)

定速巡航系统采集到车速传感器的车速数据值，与巡航速度值进行比较，然后控制油门输出电压，需要测试油门输出时间。油门输出时间从车速传感器输出信号时刻开始计算，直到接收到油门输出信号结束，开始到结束的时间差为油门输出时间。

油门的输出时间不大于 100ms。

测试要求：请给出连续 10 次测试的平均响应时间，并判断是否符合需求的要求。