

全国职业院校技能大赛

嵌入式系统应用开发赛项

**竞
赛
任
务
书**

(第 4 套)

竞赛模块：模块一

竞赛注意事项

1. 选手竞赛过程中，各参赛选手应注意设备用电安全，禁止带电插拔设备的组件和模块，设备工作期间务必远离洗板水、饮用水等非绝缘性液体。若因选手个人操作不当导致设备出现问题应及时向现场裁判报告，由现场裁判处理。

2. 竞赛期间选手不得做出影响他人的动作，或者发出噪音干扰其他参赛选手正常竞赛。

3. 所有参赛选手进入赛场后，直到比赛结束之前，禁止向赛场任何人透露任何关于个人身份的任何信息。比赛结束前需参赛选手签字确认的所有文件，只填写竞赛当天的赛位号，填写其他信息均视为无效并需要重新签字。

4. 参赛选手要注意及时保存电脑资料，由于操作不当导致文件丢失、损坏的，由参赛选手自行负责。

5. 竞赛第一模块下发的功能电路板含有故障，选手装联过程中需要进行调试，使其能够正常工作。期间若发现物料缺失、损坏等，应在规定时间内补领或更换，申领器件不得超过标准用量，请仔细检查，不得恶意补领器件，超过规定时间之后补领元器件按规程扣除相应分数。选手因装接不当造成的故障不在考查范围之内，但属于选手应当掌握的核心专业技术技能，由选手自行处理解决。

6. 参赛选手应在第一模块竞赛测评开始前，完成程序下载、固化，第一模块竞赛测评阶段开始后，禁止再次更新功能电路核心板程序。

7. 本模块竞赛结束后，参赛选手应将现场下发的所有资料整理并交给现场裁判，不得将现场下发的任何材料带离竞赛现场。

8. 竞赛现场为各赛位下发1块标准功能电路板，用于各参赛选队测试和固化程序，若竞赛测评需要使用标准板进行测评，则根据规程扣除相应分数，标准功能电路板在本模块竞赛结束后回收，不得损坏或带离赛场，否则按照违纪处理。

9. 本题仅为样题，正式赛题以竞赛日现场拆封下发的题目为准。

第一模块 嵌入式系统硬件制作与驱动开发 竞赛任务书（第 4 套）

一、总体要求

本竞赛模块要求使用竞赛现场下发的嵌入式系统功能电路板（搭载国产自主嵌入式微处理器）完成硬件制作和驱动程序开发与测试，具体竞赛任务要求见竞赛任务表。其中，嵌入式系统驱动开发任务表中竞赛任务 1-6 由选手自行选择实现方式，任务 7-8 由裁判基于实时操作系统的命令行终端输入任务测评启动命令后进行各竞赛任务测评。各竞赛任务见竞赛任务表中对应竞赛任务描述。

二、竞赛任务表

（一）功能电路板硬件制作任务表

| 序号 | 任务描述 | 任务要求 |
|----|--------------------|---|
| 1 | 任务：嵌入式系统功能电路板焊接与装配 | <p>1. 根据赛场提供的嵌入式系统功能电路板（以下简称“功能电路板”）电路原理图和物料清单，从提供的元器件中选择相应元器件，准确地焊接在赛场提供的功能电路板上，完成嵌入式系统硬件制作。</p> <p>2. 焊接要求：在功能电路板上所焊接的元器件焊点大小适中、光滑、圆润、干净，无毛刺；无漏、假、虚、连焊，有极性要求的元器件按照极性标注焊接，接插件引脚加工尺寸及成形符合工艺要求；导线长度、线头长度适中，线芯完好无损伤，捻线头镀锡处理。</p> <p>3. 装配要求：元器件焊接安装无错漏，元器件按照从小到大、从低到高的顺序进行焊接装配，元器件上字符标示方向保持一致；电路板上接插件位置正确，紧固件安装可靠牢固；线路板和元器件无烫伤和划伤处，整机清洁无污物。</p> |

（二）嵌入式系统驱动程序开发任务表

| 序号 | 任务描述 | 任务要求 |
|----|---|--|
| 1 | 任务 1: GPIO 基础驱动开发 要求基于功能电路板通过编程实现 GPIO 控制。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 通过编程实现对 RGB LED 灯的亮灭控制,按照红灯、绿灯、蓝灯顺序实现循环显示,间隔 1S, 5S 后停止循环,红灯、绿灯、蓝灯同时闪烁,间隔 1S。 2. 通过编程实现对蜂鸣器的开启与关闭控制,要求能单独控制蜂鸣器开启与关闭。 |
| 2 | 任务 2: 语音交互应用开发 要求语音交互系统实现指定文本信息播报及语音识别交互显示。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 通过编程实现语音交互系统播报指定文本信息,信息内容为“奏响新时代社会主义民主政治华彩乐章”。 2. 通过编程实现语音交互系统进入识别模式,识别现场指定的词条信息,并将识别到的正确词条信息显示在 LCD 显示屏上,词条信息显示位置、字体大小、字体颜色及屏幕背景颜色选手可自行决定,要求显示清晰便于观察。 词条信息仅限于: 知识改变命运、技能成就未来、实践锻炼能力、比赛彰显才智。 |
| 3 | 任务 3: 任务编号轮询显示系统 要求基于功能电路板通过编程实现数码管任务编号轮询显示系统。 | <p>通过编程实现数码管显示竞赛日的日期和选手工位号。</p> <p>例如竞赛日期为 6 月 1 日,选手工位号为 015,则四位数码管应交替显示竞赛日期 0601 和工位号-015,显示格式为: 0601 和-015。显示间隔不少于 2S,即数码管显示竞赛日期至少 2S 后切换显示工位号,切换显示次数不少于 1 次。</p> |
| 4 | 任务 4: LCD 显示屏显示应用开发 要求基于功能电路板通过编程实现 LCD 显示屏指定信息显示。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 通过编程实现 LCD 显示屏启动后,依次全屏显示红色、绿色、蓝色,间隔时间可自行设定,要求显示清晰便于观察。 2. 通过编程实现 LCD 显示屏上显示指定完整图片(图片内容详见比赛现场下发 U 盘附件)。 |
| 5 | 任务 5: 传感器数据采集与显示 要求 LCD 显示屏实时正确显示光照度传感器、温度传感器和红外对管传感器数据。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 通过编程实现启动 LCD 显示屏实时正确显示光照度传感器数据信息,显示格式: “当前环境光强度: XXX lx (若 首位为 0, 则可以不显示)”。 2. 通过编程实现启动 LCD 显示屏实时正确显示温度传感器数据信息,显示格式: “当前环境温度: XX.XX°C”。 3. 通过编程实现 LCD 显示屏实时显示红外对管传感器数据信息,显示格式: 遮挡 |

| | | 物：有、无。显示位置、字体大小、颜色、屏幕背景颜色选手可自行决定，要求清晰显示该文本信息（遮挡物放置在距红外对管传感器 1cm 处）。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|--|----|---|--|--|----|----|----|----|----|---|----|---|----|-----|---|----|---|----|-----|---|----|---|----|-----|---|----|---|----|-----|---|-----|---|----|-----|---|----|---|----|-----|---|----|---|----|-----|
| 6 | <p>任务 6：超声波避障系统开发</p> <p>要求基于功能电路板与超声波传感器模块实现超声波避障系统设计。</p> | <p>1. 通过编程实现 LCD 显示屏实时正确显示超声波传感器数据信息，显示格式：“距离：XX.X cm”（误差：±2cm）。</p> <p>2. 当被测距离超过 20cm 时，RGB LED 灯白灯最亮；当被测距离不超过 20cm 且不小于 10cm 时，RGB LED 灯白灯亮度减弱；当被测距离小于 10cm 时，RGB LED 灯白灯最暗。要求 LCD 显示屏实时正确显示当前距离信息。</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | <p>任务 7：执行装置应用开发</p> <p>要求基于现场功能电路套件、矩阵键盘模块实现直流电机控制控制，LCD 显示屏实时显示编码直流电机运行状态。</p> <p>本任务启动命令：task01</p> | <p>1. 通过编程实现矩阵键盘识别，当某一按键按下时，显示：“按键：X”，其中 X 为矩阵键盘模块按键对应的键值。</p> <table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr><tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr><tr><td>#</td><td>0</td><td>*</td></tr></table> <p>2. 通过编程实现，当按下“0”时开启编码直流电机，当按下“1-8”时，速度依次增加，当按下“9”时编码直流电机停止转动，实时显示格式：“电机转速为：XXXX r/min”。显示位置、字体大小、颜色、屏幕背景颜色选手可自行决定，要求清晰显示到该文本信息。</p> | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | # | 0 | * | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 5 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 8 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| # | 0 | * | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | <p>任务 8：GPIO 外围设备开发</p> <p>要求根据不同音调的频率播放“1，2，3，4，5，6，7”七个音调，对应频率如表格所示（单位 Hz）。</p> <p>本任务启动命令：task02</p> | <p>1. 通过编程实现无源蜂鸣器播放音调“1，2，3，4，5，6，7”。</p> <p>2. 实现播放音调“5 5 6 5 1 7，5 5 6 5 1 2，5 5 5 3 1 7 6，4 4 3 1 2 1”。</p> | | <table><tr><th>音名</th><th>唱名</th><th>音调</th><th>音名</th><th>频率</th></tr><tr><td>C</td><td>do</td><td>1</td><td>C3</td><td>131</td></tr><tr><td>D</td><td>re</td><td>2</td><td>D3</td><td>147</td></tr><tr><td>E</td><td>mi</td><td>3</td><td>E3</td><td>165</td></tr><tr><td>F</td><td>fa</td><td>4</td><td>F3</td><td>175</td></tr><tr><td>G</td><td>sol</td><td>5</td><td>G3</td><td>196</td></tr><tr><td>A</td><td>la</td><td>6</td><td>A3</td><td>220</td></tr><tr><td>B</td><td>si</td><td>7</td><td>B3</td><td>247</td></tr></table> | | | 音名 | 唱名 | 音调 | 音名 | 频率 | C | do | 1 | C3 | 131 | D | re | 2 | D3 | 147 | E | mi | 3 | E3 | 165 | F | fa | 4 | F3 | 175 | G | sol | 5 | G3 | 196 | A | la | 6 | A3 | 220 | B | si | 7 | B3 | 247 |
| 音名 | 唱名 | 音调 | 音名 | 频率 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | do | 1 | C3 | 131 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | re | 2 | D3 | 147 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | mi | 3 | E3 | 165 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | fa | 4 | F3 | 175 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | sol | 5 | G3 | 196 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | la | 6 | A3 | 220 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | si | 7 | B3 | 247 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

备注:

1. 竞赛装联调试阶段结束后，参赛选手应停止功能电路板装联、调试，并将电脑置于关闭状态。
2. 竞赛测评过程中，上述任务只能使用 1 个综合程序完成功能演示，在现场评分裁判口令下，通过板载功能按键或其他方式等逐个实现上述任务的结果展示，单个任务测评演示次数不超过 3 次，否则认定为任务未完成，如因页面刷新速度过快，导致裁判无法确认显示内容是否正确，后果由选手自行承担。
3. 竞赛测评结束后，参赛选手将功能电路板粘贴加密编号后上交至裁判指定位置。

全国职业院校技能大赛

嵌入式系统应用开发赛项

**竞
赛
任
务
书**

(第 4 套)

竞赛模块: 模块二

竞赛注意事项

1. 选手竞赛过程中，各参赛选手应注意设备用电安全，禁止带电插拔设备的组件和模块，且务必远离饮用水、饮料等液体。若因操作不当导致设备出现问题应及时向现场裁判报告，由现场裁判处理。
2. 竞赛期间选手不得做出影响他人的动作，或者发出噪音，干扰其他参赛选手的正常竞赛。
3. 所有参赛选手进入赛场后，直到竞赛结束之前，禁止向赛场任何人透露任何关于个人身份的相关信息。竞赛结束前需参赛选手签字确认的所有文件，只填写竞赛当天的工位号，填写其他信息均无效。
4. 参赛选手要注意及时保存电脑资料，由于操作不当导致文件丢失、损坏的，由参赛选手自行负责。
5. 选手可以在竞赛测试阶段的规定时间内按序进入练习赛道进行测试，每次限时 5 分钟，参赛队若放弃赛道任务测试机会，队长须前往竞赛测试区确认签字，表明自愿放弃测试机会，此次测试时间轮空且放弃不补，须等待下一轮测试机会，每队测试机会均等。
6. 本模块竞赛共有两轮测评机会，每轮 2 次测评机会，2 次测评合计时长不超过 5 分钟，超过部分将不记录成绩。取两轮中最高成绩为最终成绩，竞赛平台开始运行后需完全独立完成竞赛任务，期间不得手动控制，在竞赛平台启动之后，至选手确认竞赛测试结束之前，选手不得触碰竞赛平台。
7. 第一轮竞赛测评结束后，各参赛队拥有等长的调试时间与相同的练习赛道使用时间，超过规定时间不得继续操作，需将竞赛单元再次上交至指定位置。
8. 竞赛结束后，参赛选手应将现场下发所有资料、附件、资料盘等整理并交给现场裁判，不得将现场下发的任何材料带离竞赛现场。
9. 本题仅为样题，正式赛题以竞赛日现场拆封下发的题目为准。

第二模块 嵌入式系统应用程序开发 竞赛任务书（第 4 套）

一、总体要求

参赛选手根据竞赛现场抽取的竞赛任务书编写相关嵌入式系统应用程序，参赛选手需在规定时间内，使用嵌入式智能车开发单元 A（以下简称“A 车”）、嵌入式智能车开发单元 B（以下简称“B 车”）在智能标志物交互应用沙盘单元模拟的智能化场景中完成各项赛道功能任务。

二、竞赛任务表

| 序号 | 任务要求 | 说明 |
|----|---|--|
| 1 | 任务 1: A 车启动 A 车放置 B7 位置处，在裁判示意竞赛开始时，选手点击启动按钮，启动智能显示标志物进入计时状态后，A 车顺利出库。 | 1. 智能显示标志物在 A 车开始移动之前开启计时。 2. A 车按照以下路径行进：B7→B6→D6→F6→F4→D4→B4→B2→D2→D1 |
| 2 | 任务 2: A 车通过智能 ETC 系统 A 车在指定路线 B6→D6→E6→F6 上行进，在 D6 附近处使智能 ETC 系统感应到 A 车上携带的电子标签，打开闸杆，A 车顺利通过智能 ETC 系统。 | A 车需在不接触 ETC 闸杆（闸杆抬起时间约 10 秒）的情况下通过智能 ETC 系统。选手应合理设置通过时间，避免闸杆下落触碰 A 车，若因此导致 A 车失控，则视为选手控制不当。 |
| 3 | 任务 3: A 车进行距离信息采集 A 车位于 F6 处，获取位于 F7 处静态标志物（A）垂直平面到 F6 处中心点的距离。 | 1. F7 处静态标志物（A）垂直平面与 F6 中心点距离范围 100mm~400mm，记为 h。 2. A 车将正确距离信息发送至多功能信息显示标志物(A)中显示。测量误差：±20mm。 示例： 测距信息为 123mm，则显示信息为：JL-123。 |
| 4 | 任务 4: A 车完成语音交互 A 车在 F6 位置处，启动语音识别，获取智能公交站发出的语音信息。 要求 A 车通过 ZigBee 将公交站播报对应的语音信息编号按指定格式上传至自动化评分 | 1. A 车上传语音信息编号格式： 0xAF, 0x06, 0xXX, 0x02, 0x00, 0x00, 0x01, 0xBF；其中 0xXX 代表被识别的语音命令编号，其他字符固定不变。 2. 智能公交站播报信息与编号说明： 富强民主 编号 0x02 文明和谐 编号 0x03 自由平等 编号 0x04 |

| | | |
|---|---|--|
| | 终端。 | 公正法治 编号 0x05 爱岗敬业 编号 0x06 诚信友善 编号 0x07 |
| 5 | <p>任务 5: A 车完成智能路灯调光</p> <p>A 车位于 F4 处, 通过光照度传感器获取光照强度数据, 获取位于 F4 处智能路灯初始档位, 并将智能路灯档位调整到目标档位。</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 智能路灯标志物初始档位记为 n。 2. 智能路灯标志物目标档位记为 r。 3. 目标档位计算方式为: $r = (h/100) \% 4 + 1$ 计算后得到, 其中 h 为任务 3 的距离信息, 单位为毫米。 |
| 6 | <p>任务 6: A 车获取 RFID 识别读取</p> <p>A 车从 F4→B4 路线行进过程中, 寻找到 RFID 卡片, 并读取其指定数据块内容。</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. RFID 卡片共有 3 张, 读取各卡片数据块内容仅需验证 A 密钥 (0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF) 即可。 2. 3 张 RFID 卡片随机放置在 F4→B4 坐标点 (含 F4、B4) 之间的循迹线上, 其中有且仅有一张 RFID 卡内含有完整且有效信息 (B 车指定路径和 B 车初始位置 (初始位置仅限于 F1、F2、F3)) 其余两张卡片可能为空卡, 也可能存有干扰信息。 3. RFID 卡片指定数据块地址为: 第 2 扇区第 2 个数据块; 有效信息示例 (字符串): B4B6D6 F1, 其中指定路径以第 1 个 B4 开头, 以最后 1 个 D6 结束, B 车起始位置在 F1 处。 |
| 7 | <p>任务 7: B 车完成智能交通信号灯识别</p> <p>A 车到达 B4 处, 选手控制 A 车自行选择路线进行避让, 打开任务板双闪灯。</p> <p>B 车启动行进至 F2 处, 而后启动智能交通信号灯 (A) 进入识别模式, 并在规定的时间内识别出当前停留信号灯的颜色, 按照指定格式发给智能交通信号灯 (A) 进行比对确认。</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. B 车应在规定的时间内识别出智能交通信号灯 (A) 的颜色, 并将识别结果发送至智能交通信号灯 (A), 超时结果无效。 2. B 车识别后只需将结果返回至智能交通信号灯 (A) 即可, 无需执行其他操作。 3. B 车需采用视频循迹方式完成所有路径任务, 使用其他方式完成则路径任务不得分。 |
| 8 | <p>任务 8: B 车通过特殊地形</p> <p>B 车从 D2→C2→B2 路线行进过程中, 顺利通过特殊地形到达 B2 处。</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 特殊地形放置在 D2→B2 循迹线上, 中心位置接近 C2 坐标点。。 2. 竞赛测评时裁判现场将特殊地形标志物摆放至指定位置, 地形卡片任选一张, 所有测评赛道中特殊地形标志物摆放位置与地形卡片完全一致。 3. B 车在通过地形标志物时, 不能和地形标志物两侧护栏发生碰撞, 否则认定任务失败。 |

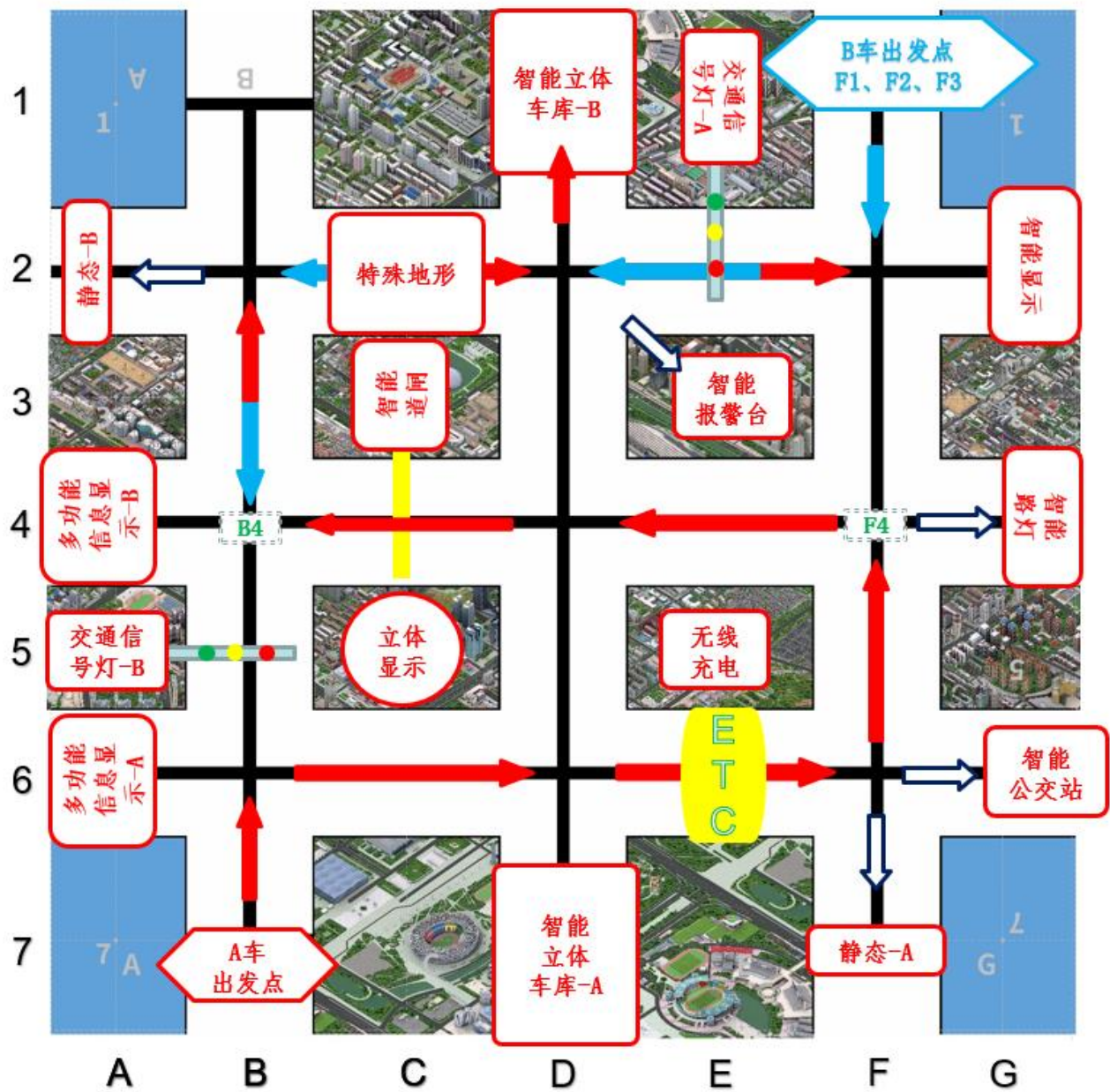
| | | |
|----|---|--|
| 9 | <p>任务 9: B 车识别二维码</p> <p>B 车在 B2 处, 识别位于 A2 处静态标志物(B) 上的二维码信息, B 车执行 B2→B1 行进路线进行避让, 并将有效数据发送至 A 车。</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. A2 处静态标志物 (B) 中有两个二维码, 选手均需要识别。 2. 二维码 (一) 信息为固定 8 个字节长度字符串, 有效数据格式为 “XYYYXY” 字符, X 代表大写 A-Z 中任意一个字母, Y 代表 0-9 中任意一个数字, 其他字节均为干扰字符。例如, 二维码 (一) 信息为: “A/145#B6”, 则有效数据为 “A145B6” 字符。 3. 二维码 (二) 信息为一个计算公式, 仅包含以下运算: 加 (+)、减 (-)、乘 (*)、除 (/)、次幂 (^), 涉及计算参数仅为 r、n、y; 其中 r 为任务 5 所得路灯目标档位, n 为任务 5 所测得智能路灯初始档位, y 为任务 12 中所获取的智能立体车库 (A) 的初始层数。计算结果记为 x。例如, 二维码 (二) 信息为: $((n*y+r)^4)/100$。 |
| 10 | <p>任务 10: A 车通过智能道闸</p> <p>A 车关闭双闪并回到 B4 处, 控制智能道闸正确开启, 并按照 B4→B2→D2 路线行进, 顺利通过特殊地形, 到达 D2 处。</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 道闸开启码为任务 9 中二维码 (一) 的有效数据。 2. 在练习测试赛道发任一车牌均可开启智能道闸标志物, 在竞赛测评赛道只有发送任务 9 中获取的有效数据才能开启智能道闸, 选手需控制 A 车通过时间, 应当在智能道闸开启之后快速通过, 避免撞上闸杆。 3. 竞赛测评时裁判现场将特殊地形摆放至指定位置, 地形卡片任选一张, 所有测评赛道中特殊地形摆放位置与地形卡片保持一致。A 车在通过特殊地形时, 不能与特殊地形两侧护栏发生碰撞, 否则认定任务失败。 <p>示例: 任务 9 中二维码 (一) 的最终有效数据为 A145B6, 则道闸开启车牌为 “A145B6”。</p> |
| 11 | <p>任务 11: B 车完成智能立体显示交互</p> <p>B 车退出避让路线, 行进到达 B4 处, 向位于 C5 处的智能立体显示标志物发送红外数据, 控制智能立体显示标志物显示指定数据。</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. B 车在 B4 与 D4 之间行进应能自行智能控制道闸标志物开启并顺利通过。 2. 智能立体显示使用车牌显示模式, 显示 B 车任务 9 中识别二维码 (一) 中的车牌信息和任务 6 中获取的 B 车初始位置。 <p>示例: 通过前面的示例可以得知, 将有效信息 A145B6D1 通过车牌显示模式发送至立体显示标志物上显示。</p> |
| 12 | <p>任务 12: B 车按指定路线行进并倒车入库</p> <p>B 车行进至 D4 处按照 A 车从任务 6 中获取的指定路线行进, 到达 D6 处, B 车查询智能立体车库 (A) 中的初始层数, 记为 y, 并使用倒车入库方式进入立体车库 (A), 并控制其上</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. B 车在经过 D4 处后的行进路线需按照任务 6 中 RFID 卡片中给定的路径行驶。 2. 选手应在倒车驶入车库前确认其是否已经被控制下降到一层, 并确认在倒车入库过程中确保停在合适位置。 3. 在车库上升过程中, B 车如果从车库跌落, 则视为选手控制不当。 |

| | | |
|----|--|---|
| | 升到指定层数（3层）。 | |
| 13 | <p>任务 13: A 车开启智能报警台</p> <p>A 车位于 D2 处, 发送指定格式指令控制智能报警台开启。</p> | <p>智能报警台开启码由 r、n、y、x 来确定。将 r、n、y、x 转为 16 进制数据, 则六字节开启码分别为: x 的高八位、x 的低八位、r 的高八位、r 的低八位、n 的低八位、y 的低八位。其中关于 r、n、y、x 的说明请参考任务 9。</p> |
| 14 | <p>任务 14: A 车完成倒车入库</p> <p>A 车在 D2 处, 查询智能立体车库 (B) 中的初始层数, 记为 z, 并使用倒车入库方式进入智能立体车库 (B), 并控制其上升到指定层数。</p> <p>A 车入库完成后, 发送对应指令开启智能无线充电, 而后打开 A 车任务板蜂鸣器, 3S 后关闭蜂鸣器和智能显示标志物计时。</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 选手应在倒车驶入车库前确认车库是否已经下降到一层, 并确保在倒车入库后, 停在车库合适位置。在车库上升过程中, A 车如果发生跌落, 则视为选手控制不当, 其责任由选手自行承担。 2. 智能立体车库 (B) 上升到指定层数计算方法为: $((z+y)^n) \% 4 + 1$。 3. 智能显示标志物在相关控制完成后关闭计时。 |

三、标志物摆放位置表

| 序号 | 设备名称 | 摆放位置 | 备注 |
|----|---------------|------|---------------------------------------|
| 01 | 智能立体车库（A） | D7 | 入口朝向 D6 处 |
| 02 | 智能立体车库（B） | D1 | 入口朝向 D2 处 |
| 03 | 多功能信息显示标志物（A） | A6 | 显示屏朝向 B6 处 |
| 04 | 多功能信息显示标志物（B） | A4 | 显示屏朝向 B4 处 |
| 05 | 静态标志物（A） | F7 | 静态数据源朝向 F6 标志物位置根据赛题需要微调 |
| 06 | 静态标志物（B） | A2 | 静态数据源朝向 B2 标志物位置根据赛题需要微调 |
| 07 | 智能交通信号灯（A） | E1 | 信号灯朝向 D2 处 |
| 08 | 智能交通信号灯（B） | A5 | 信号灯朝向 B4 处 |
| 09 | 智能报警台 | E3 | 红外接收器朝向 D2 处 |
| 10 | 智能公交站 | G6 | 喇叭朝向 F6 处 |
| 11 | 智能显示标志物 | G2 | 显示屏朝向 F2 处 |
| 12 | 智能立体显示 | C5 | 标志物中心位于 C5 处 |
| 13 | 智能 ETC 系统 | E6 | 朝向 D6 处 |
| 14 | 智能道闸 | C3 | 道闸杆落在 C4 处 |
| 15 | 智能路灯 | G4 | 光源朝向 F4 处 |
| 16 | 智能无线充电 | E5 | 标志物中心位于 E5 处 |
| 17 | 特殊地形 | C2 | 标志物中心位于 C2 处 |
| 18 | A 车出发点 | B7 | 车头朝向选手自行决定 |
| 19 | B 车出发点 | / | RFID 卡内数据指定, 仅限于 F1、F2、F3, 车头朝向选手自行决定 |
| 20 | RFID 卡片 | 3 张 | 在 F4-D4 循迹线上任意位置上 |

四、竞赛平台位置示意图



全国职业院校技能大赛

嵌入式系统应用开发赛项

竞赛任务书

(第 4 套)

竞赛模块: 模块三

竞赛注意事项

1. 选手竞赛过程中，各参赛选手应注意设备用电安全，禁止带电插拔设备的组件和模块，且务必远离饮用水、饮料等液体。若因操作不当导致设备出现问题应及时向现场裁判报告，由现场裁判处理。
2. 竞赛期间选手不得做出影响他人的动作，或者发出噪音，干扰其他参赛选手的正常竞赛。
3. 所有参赛选手进入赛场后，直到竞赛结束之前，禁止向赛场任何人透露任何关于个人身份的相关信息。竞赛结束前需参赛选手签字确认的所有文件，只填写竞赛当天的工位号，填写其他信息均无效。
4. 参赛选手要注意及时保存电脑资料，由于操作不当导致文件丢失、损坏的，由参赛选手自行负责。
5. 选手可以在竞赛测试阶段的规定时间内按序进入练习赛道进行测试，每次限时 5 分钟，参赛队若放弃赛道任务测试机会，队长须前往竞赛测试区确认签字，表明自愿放弃测试机会，此次测试时间轮空且放弃不补，须等待下一轮测试机会，每队测试机会均等。
6. 本模块竞赛共有两轮测评机会，每轮 2 次测评机会，2 次测评合计时长不超过 5 分钟，超过部分将不记录成绩。取两轮中最高成绩为最终成绩，竞赛平台开始运行后需完全独立完成竞赛任务，期间不得手动控制，在竞赛平台启动之后，至选手确认竞赛测试结束之前，选手不得触碰竞赛平台。
7. 第一轮竞赛测评结束后，各参赛队拥有等长的调试时间与相同的练习赛道使用时间，超过规定时间不得继续操作，需将竞赛单元再次上交至指定位置。
8. 竞赛结束后，参赛选手应将现场下发所有资料、附件、资料盘等整理并交给现场裁判，不得将现场下发的任何材料带离竞赛现场。
9. 本题仅为样题，正式赛题以竞赛日现场拆封下发的题目为准。

第三模块 嵌入式系统边缘计算应用开发 竞赛任务书（第 4 套）

一、总体要求

本模块竞赛要求使用嵌入式智能车开发单元 A（以下简称“A 车”）及智能标志物交互应用沙盘单元共同完成嵌入式系统边缘计算应用开发的各项竞赛任务，具体竞赛任务要求见竞赛任务表。

二、竞赛任务表

| 序号 | 任务要求 | 说明 |
|----|---|--|
| 1 | 任务 1: A 车启动 A 车放置 D7 处，在裁判示意开始时，选手点击启动按钮，启动智能显示标志物的计时功能，A 车顺利出库。 | 1. 智能显示标志物在 A 车开始移动之前开启计时模式。 2. A 车按照以下路径行进：D7→D6→B6→B4→D4→F4→F2→D2→B2 |
| 2 | 任务 2: A 车进行二维码识别 A 车由 D7 行驶至 D6，在 D6 处，识别位于 E5 处的静态标志物（A）上的二维码，获取有效文本信息。 | 静态标志物（A）上放置多个二维码，其中有效文本信息存放在绿色二维码中，有效信息仅为字母、数字、其他均为干扰字符，选手需提取出所有字母和数字作为任务 7 中开启报警台所需有效信息，除绿色二维码外其他颜色二维码存放的信息均为干扰数据。 示例：绿色二维码中信息：0#E12*34A {B5678%CD&9，则有效数据为：0E1234AB5678CD9，将有效数据按照数字在前，字母在后，数字由 1-9，字母由 A-Z 顺序排列后得到“0123456789ABCDE”，作为任务 7 中智能报警台开启任务中所需的有效信息。 |
| 3 | 任务 3: A 车进行交通信号灯识别 A 车在整个路线上行驶过程中需要进行 4 次交通信号灯识别任务。A 车分别在 D6、F4、F2、D2 处识别位于 C5、G3、E1、C1 的交通信号灯（A/B/C/D）。 | 1. A 车首先控制智能交通信号灯进入识别模式，然后在规定的时间内识别出交通灯信号颜色，并将识别结果按照指定格式发送至对应的智能交通信号灯标志物，超时则无效。 2. A 车识别后只需将结果返回至对应的智能交通信号灯标志物即可通行，无需执行其他操作。 示例：到达 D6 处，控制位于 C5 处智能交通信号灯标志物（A）进入识别模 |

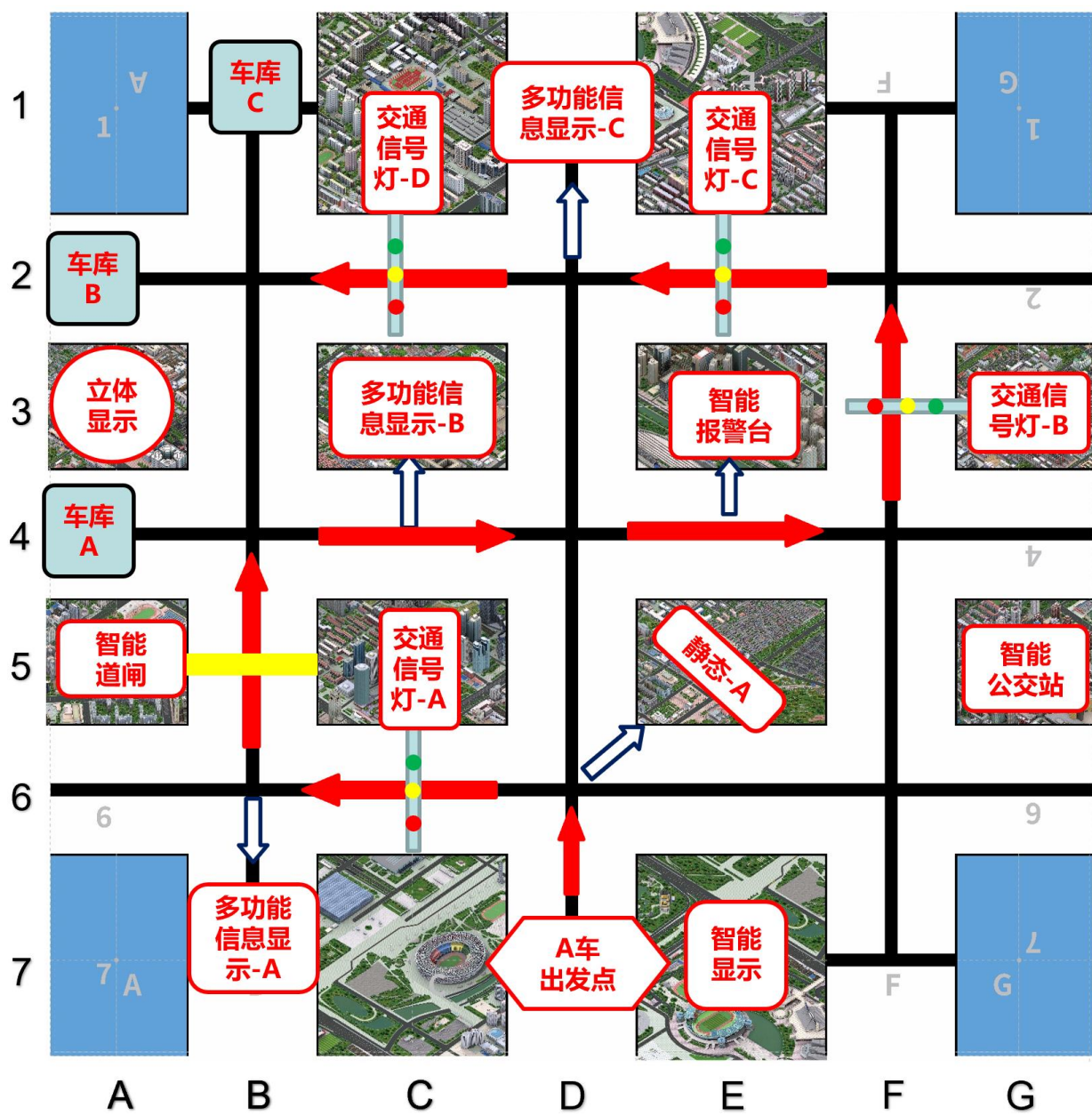
| | | |
|---|---|---|
| | | 式，并在规定的时间内识别出当前停留交通灯的颜色，按照指定格式发送给智能交通信号灯标志物（A）进行比对确认。 |
| 4 | <p>任务 4: A 车进行车牌识别</p> <p>A 车行进至 B6 处，首先通过翻页获取位于 B7 处多功能信息显示标志物（A）中显示的车牌信息。然后识别图中的有效车牌信息。最后将有效车牌信息发送至多功能信息显示标志物（A）显示（车牌显示模式）。</p> | <p>1. 多功能信息显示标志物（A）开机或重启后显示一张默认图片，选手需要执行翻页操作找到需要识别的车牌图片，有效车牌为渐变绿色车牌，其他为干扰车牌（干扰车牌数量小于 5 张），汉字不需要识别。</p> <p>2. 选手需要识别出车牌号。</p> <p>3. 多功能信息显示标志物（A）显示车牌格式为：“国 XXYYYY”。其中“国”固定不变，后面 6 位号码，X 代表 A-Z 中任意一个字母，Y 代表 0-9 中任意一个数字，字母中不包含 I 和 O。A 车将有效车牌进行记录。</p> |
| 5 | <p>任务 5: A 车进行道闸控制</p> <p>A 车在 B6 处，将任务 4 中多功能信息显示标志物（A）上的有效车牌按照指定格式发送到位于 A5 处的智能道闸标志物上并控制其开启。</p> | <p>1. 在练习赛道发送任意车牌均可开启智能道闸标志物，在竞赛赛道只有发送由任务 4 中多功能信息显示标志物（A）识别到的有效车牌才能开启。</p> <p>2. 选手需要合理控制时间，应当在智能道闸标志物开启之后快速通过，避免撞上闸杆。</p> |
| 6 | <p>任务 6: A 车文字识别与图形图像识别</p> <p>A 车在 B4→D4 路线上行驶，在 C4 处，控制 C3 处的多功能信息显示标志物（B）中图片翻页，然后识别图像上的有效文字信息，识别图形颜色信息，将获取到有效文字信息后发送到智能公交站标志物上进行语音播报，将图形有效信息按照指定格式发送给智能显示标志物第二排上显示</p> | <p>1. 多功能信息显示标志物（B）复位后显示一张默认图片，选手需要执行翻页操作找到需要识别的有效图片（仅一张图片存在文字信息，仅一张图片存在图形信息，其余为干扰图片，干扰图片中无文字、图形信息，图片顺序不定）。</p> <p>2. 将识别到的有效文字信息发送到智能公交站标志物上进行语音播报。</p> <p>3. 涉及的形状包括：三角形、圆形、矩形、菱形、五角形，其他图形均为干扰图形，干扰图形不用识别。此处规定正方形只归属于矩形，不归属于菱形，如果图形图片中有图形重叠时，只需统计完整图形，不统计被遮盖图形（下面颜色统计规则一致）。</p> <p>4. 涉及的颜色仅限于红色 (255, 0, 0)、绿色 (0, 255, 0)、蓝色 (0, 0, 255)、黄色 (255, 255, 0)、品色 (255, 0, 255)、青色 (0, 255, 255)、黑色 (0, 0, 0)、白色</p> |

| | | |
|---|--|--|
| | | <p>(255, 255, 255)。</p> <p>5. 图形类别统计格式: ABCDXX, A 代表红色矩形数量, B 代表蓝色三角形数量, C 代表品色菱形数量, D 代表所有矩形的数量。XX 代表所有黄色图形的数量。</p> <p>示例: 识别到图片中红色矩形数量 2 个, 蓝色三角形数量 3 个, 品色菱形数量 1 个, 图片中所有矩形数量为 8, 图片中所有黄色图形的数量为 4, 则智能显示标志物第二排显示 “231804”。</p> |
| 7 | <p>任务 7: A 车开启智能报警标志物</p> <p>A 车在 D4→F4 路线上行驶, 在 E4 处, 向位于 E3 处的智能报警台标志物发送指定红外数据, 控制其开启报警。</p> | <p>1. 智能报警台标志物开启报警的指令由任务 2 中获取到的有效数据经过数据处理算法计算后获得。</p> <p>2. 智能报警台标志物开启报警的指令计算方式详见数据处理算法文件。</p> |
| 8 | <p>任务 8: A 车进行交通标志及行人检测与识别</p> <p>A 车到达 D2 处, 通过翻页获取位于 D1 处多功能信息显示标志物 (C) 中显示的交通标志及戴口罩行人图像信息。A 车识别交通标志图片, 获取交通标志类别以及戴口罩行人数量, 并将交通标志识别结果发送至智能立体显示标志物进行显示。</p> | <p>1. 多功能信息显示标志物 (C) 开启后默认显示 1 张固定图片, 需通过翻页指令找到需要识别的图像。需要识别的图像中包含多个行人和 1 个交通标志, 要求识别图像中的交通标志信息以及行人数量。</p> <p>2. 涉及的交通标志类别包含: 直行、左转、右转、掉头、禁止掉头、禁止左转、禁止右转、限速。</p> <p>3. 图像中的部分行人戴口罩, 要求识别出包括被遮挡的行人在内的所有戴口罩行人数量。</p> <p>4. 戴口罩行人数量对应 A 车入库编号, 记为 X, 说明如下: $X = \text{戴口罩行人数量} \% 3$, 当 $X=0 \rightarrow$ 车库 A; $X=1 \rightarrow$ 车库 B; $X=2 \rightarrow$ 车库 C。</p> |
| 9 | <p>任务 9: A 车完成倒车入库</p> <p>A 车到达 B2 处, 根据多功能信息显示标志物 (C) 中识别到的行人数量, 采用倒车入库的方式驶入对应车库, 入库后关闭智能显示标志物计时器。</p> | <p>要求选手根据任务 8 中多功能信息显示标志物 (C) 中识别到的戴口罩行人数量驶入对应车库。</p> <p>车库 (A、B、C) 对应的坐标为: 车库 A→A4, 车库 B→A2, 车库 C→B1。</p> <p>示例: 若多功能信息显示标志物 (C) 中行人数量为 3, 则 A 车应驶入车库 A (坐标点: A4); 若行人数量为 4, 则 A 车驶入车库 B (坐标点: A2); 若行人数量为 5, 则 A 车驶入车库 C (坐标点: B1)。</p> |

三、标志物摆放位置表

| 序号 | 设备名称 | 摆放位置 | 备注 |
|----|-------------|------|--------------|
| 1 | 智能道闸 | A5 | 闸杆朝向 B5 处 |
| 2 | 智能公交站 | G5 | 喇叭朝向 F5 处 |
| 3 | 多功能信息显示 (A) | B7 | 显示屏朝向 B6 处 |
| 4 | 多功能信息显示 (B) | C3 | 显示屏朝向 C4 处 |
| 5 | 多功能信息显示 (C) | D1 | 显示屏朝向 D2 |
| 6 | 智能报警台 | E3 | 红外接收器朝向 E4 处 |
| 7 | 智能交通信号灯 (A) | C5 | 信号灯朝向 D6 处 |
| 8 | 智能交通信号灯 (B) | G3 | 信号灯朝向 F4 处 |
| 9 | 智能交通信号灯 (C) | E1 | 信号灯朝向 F2 处 |
| 10 | 智能交通信号灯 (D) | C1 | 信号灯朝向 D2 处 |
| 11 | 智能显示 | E7 | 显示屏朝向 E6 处 |
| 12 | 智能立体显示 | A3 | 位于 A3 坐标点 |
| 13 | 静态标志物 (A) | E5 | 静态数据源朝向 D6 |
| 14 | A 车出发点 | D7 | A 车放置在 D7 处 |

四、竞赛平台位置示意图



数据处理方法—AES 加密

一、AES 加密概述

密码学中的高级加密标准 (Advanced Encryption Standard, AES), 又称 Rijndael 加密法。该算法为比利时密码学家 Joan Daemen 和 Vincent Rijmen 所设计, 结合两位作者的名字, 以 Rijdael 之名命名。此密码是美国联邦政府采用的一种区块加密标准。这个标准用来替代原先的 DES (Data Encryption Standard), 已经被多方分析且广为全世界所使用。经过五年的甄选流程, 高级加密标准由美国国家标准与技术研究院 (NIST) 于 2001 年 11 月 26 日发布为 FIPS PUB 197, 并在 2002 年 5 月 26 日成为有效的标准。2006 年, 高级加密标准已然成为对称密钥加密中最流行的算法之一。

二、AES 加密过程

AES 加密的基本原理就是把明文分成若干组, 每组长度相等, 每次加密一组数据, 直到加密完所有明文。

1. 根据二维码中提取的有效文本信息 (以下简称明文), 将明文用字节为单位的正方形矩阵进行表示 (以下简称状态矩阵)。状态矩阵中字节排列按照从上到下、从左至右依次排列。

2. 如果明文二进制位数长度 (以下简称明文位长) 不足 128, 则需要进行字节填充。填充规则: 需要填充的字节长度 = $(128 - \text{明文位长}) \div 8$, 使用需要填充字节的长度对所有空缺位进行补全 (如明文 = 0123456789ABCDE, 明文长度为 120, 缺少 1 个字节, 则空缺位补 0x01)。

3. 设密钥 $K = \text{"abcdefghijklmnp"}$ (k 为固定密钥), 则 $K_0 = \text{'a'}$, $K_1 = \text{'b'}$, ..., $K_{15} = \text{'p'}$ 。密钥 K 内均为字符, 设密钥矩阵 $W[0] = 0xK_0K_1K_2K_3 = 0x61626364$, $W[1]$ 、 $W[2]$ 、 $W[3]$ 以此类推。 $W[4-43]$ 为扩展密钥, 针对扩展密钥的推导公式如下: (其中 $rcon$ 为轮常量, 详见 $Rcon$ 常量表; S 表示 S 盒, 详见 AES 标准 S 盒。)

附: $Rcon$ 常量表 (16 进制)

| j | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| $Rcon[j]$ | 01 00 00 00 | 02 00 00 00 | 04 00 00 00 | 08 00 00 00 | 10 00 00 00 |
| j | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| $Rcon[j]$ | 20 00 00 00 | 40 00 00 00 | 80 00 00 00 | 1B 00 00 00 | 36 00 00 00 |

附：AES 标准 S 盒

| 行/列 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | 0x63 | 0x7c | 0x77 | 0x7b | 0xf2 | 0x6b | 0x6f | 0xc5 | 0x30 | 0x01 | 0x67 | 0x2b | 0xfe | 0xd7 | 0xab | 0x76 |
| 1 | 0xca | 0x82 | 0xc9 | 0x7d | 0xfa | 0x59 | 0x47 | 0xf0 | 0xad | 0xd4 | 0xa2 | 0xaf | 0x9c | 0xa4 | 0x72 | 0xc0 |
| 2 | 0xb7 | 0xfd | 0x93 | 0x26 | 0x36 | 0x3f | 0xf7 | 0xcc | 0x34 | 0xa5 | 0xe5 | 0xf1 | 0x71 | 0xd8 | 0x31 | 0x15 |
| 3 | 0x04 | 0xc7 | 0x23 | 0xc3 | 0x18 | 0x96 | 0x05 | 0x9a | 0x07 | 0x12 | 0x80 | 0xe2 | 0xeb | 0x27 | 0xb2 | 0x75 |
| 4 | 0x09 | 0x83 | 0x2c | 0x1a | 0x1b | 0x6e | 0x5a | 0xa0 | 0x52 | 0x3b | 0xd6 | 0xb3 | 0x29 | 0xe3 | 0x2f | 0x84 |
| 5 | 0x53 | 0xd1 | 0x00 | 0xed | 0x20 | 0xfc | 0xb1 | 0x5b | 0x6a | 0xcb | 0xbe | 0x39 | 0x4a | 0x4c | 0x58 | 0xcf |
| 6 | 0xd0 | 0xef | 0xaa | 0xfb | 0x43 | 0x4d | 0x33 | 0x85 | 0x45 | 0xf9 | 0x02 | 0x7f | 0x50 | 0x3c | 0x9f | 0xa8 |
| 7 | 0x51 | 0xa3 | 0x40 | 0x8f | 0x92 | 0x9d | 0x38 | 0xf5 | 0xbc | 0xb6 | 0xda | 0x21 | 0x10 | 0xff | 0xf3 | 0xd2 |
| 8 | 0xcd | 0x0c | 0x13 | 0xec | 0x5f | 0x97 | 0x44 | 0x17 | 0xc4 | 0xa7 | 0x7e | 0x3d | 0x64 | 0x5d | 0x19 | 0x73 |
| 9 | 0x60 | 0x81 | 0x4f | 0xdc | 0x22 | 0x2a | 0x90 | 0x88 | 0x46 | 0xee | 0xb8 | 0x14 | 0xde | 0x5e | 0x0b | 0xdb |
| A | 0xe0 | 0x32 | 0x3a | 0x0a | 0x49 | 0x06 | 0x24 | 0x5c | 0xc2 | 0xd3 | 0xac | 0x62 | 0x91 | 0x95 | 0xe4 | 0x79 |
| B | 0xe7 | 0xc8 | 0x37 | 0x6d | 0x8d | 0xd5 | 0x4e | 0xa9 | 0x6c | 0x56 | 0xf4 | 0xea | 0x65 | 0x7a | 0xae | 0x08 |
| C | 0xba | 0x78 | 0x25 | 0x2e | 0x1c | 0xa6 | 0xb4 | 0xc6 | 0xe8 | 0xdd | 0x74 | 0x1f | 0x4b | 0xbd | 0x8b | 0x8a |
| D | 0x70 | 0x3e | 0xb5 | 0x66 | 0x48 | 0x03 | 0xf6 | 0x0e | 0x61 | 0x35 | 0x57 | 0xb9 | 0x86 | 0xc1 | 0x1d | 0x9e |
| E | 0xe1 | 0xf8 | 0x98 | 0x11 | 0x69 | 0xd9 | 0x8e | 0x94 | 0x9b | 0x1e | 0x87 | 0xe9 | 0xce | 0x55 | 0x28 | 0xdf |
| F | 0x8c | 0xa1 | 0x89 | 0x0d | 0xbf | 0xe6 | 0x42 | 0x68 | 0x41 | 0x99 | 0x2d | 0x0f | 0xb0 | 0x54 | 0xbb | 0x16 |

$$W[n] = \begin{cases} W[n-4] \oplus W[n-1], & n \neq 4 \text{ 的倍数} \\ W[n-4] \oplus S[(W[n-1] \lll 8)] \oplus rcon[(n/4) - 1], & n == 4 \text{ 的倍数} \end{cases}$$

4. 字节替换。状态矩阵中的元素按照指定方式映射为一个新的字节。映射方式：把该字节的高 4 位作为行值，低 4 位作为列值，取出 S 盒中对应的行的元素作为输出。

5. 行移位。行移位是一个简单的循环左移操作。当密钥长度为 128 (bit) 时，状态矩阵的第 0 行左移 0 字节，第 1 行左移 1 字节，第 2 行左移 2 字节，第 3 行左移 3 字节。

6. 列混合。列混合变换是通过求和来实现的，经过行移位后的状态矩阵与固定矩阵相加求和，得到混淆后的状态矩阵，列混淆固定矩阵（16 进制）见下表：

| | | | |
|----|----|----|----|
| 0E | 09 | 0D | 0B |
| 0B | 0E | 0D | 09 |
| 0D | 09 | 0B | 0E |
| 09 | 0D | 0B | 0E |

7. 轮密钥加。轮密钥加是将 128 位轮密钥 K_i 与状态矩阵中的数据进行逐位异或操作。第

一轮密钥矩阵为 $W[4i] \sim W[7i]$, 状态矩阵第一列与 $W[4i]$ 分别进行按位异或操作 (长度均为 4 字节), 第二列与 $W[4i+1]$, 以此类推。

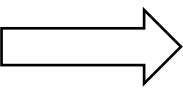
8. 将步骤 7 之后产生的状态矩阵进行重复加密 (循环步骤 4、5、6、7), 直至加密十轮后得到混淆后的状态矩阵, 状态矩阵共 16 位字节。

9. 状态矩阵进行每一列的字节求和, 完成求和后取结果低八位, 以此类推。分别取出后, S 盒中 (0, 0) 和 (F, F) 中的值分别作为六字节红外报警码的第 1、2 字节, 然后将 4 列之和按顺序放入, 最终完成排列, 得到六字节红外报警码。

三、AES 加密示例

1. 设二维码有效数据为 “0123456789ABCDE”。由于数据长度不够 128 (bit), 故进行填充, 填充长度为 1 位, 填充数据为 0x01。填充完成后排列出状态矩阵:

| | | | |
|---|---|---|------|
| 0 | 4 | 8 | C |
| 1 | 5 | 9 | D |
| 2 | 6 | A | E |
| 3 | 7 | B | 0x01 |



| | | | |
|------|------|------|------|
| 0x30 | 0x34 | 0x38 | 0x43 |
| 0x31 | 0x35 | 0x39 | 0x44 |
| 0x32 | 0x36 | 0x41 | 0x45 |
| 0x33 | 0x37 | 0x42 | 0x01 |

根据步骤 2 可计算出密钥 K 中的值, 如:

$$W[0] = \text{“abcd”} = 0x61626364$$

$$W[1] = \text{“efgh”} = 0x65666768$$

$$W[2] = \text{“ijkl”} = 0x696A6B6C$$

$$W[3] = \text{“mnop”} = 0x6D6E6F70$$

(1) 扩展的第 1 轮的密钥需要计算 ($W[4], W[5], W[6], W[7]$)。由于 4 是 4 的倍数, 由公式:

$W[n-4] \oplus S[(W[n-1] \lll 8)] \oplus rcon[(n/4)-1]$ 可知计算过程, 计算步骤如下:

1) $W[3]$ 的元素循环左移 8 位: $(W[4-1] \lll 8) = 0x6E6F706D$;

2) 将 6E 6F 70 6D 作为 S 盒的输入, 输出为: 9f a8 51 3c (例如字节为 0x6E, 则查 S 盒的第 6 行和 E 列, 得到 0x9f);

3) 将 9f a8 51 3c 与第 1 轮常量进行异或运算, 得到结果: 9e a8 51 3c;

4) 将 $W[0]$ 与 0x9ea8513c 进行异或运算, 则 $0x61626364 \oplus 0x9ea8513c = 0xffca3258$,

所以得到 $W[4] = 0xffca3258$;

(2) 再根据不是 4 的倍数的扩展公式: $W[n-4] \oplus W[n-1]$ 得到 $W[5] = 0x9AAC5530$, $W[6] = 0xF3C63E5C$, $W[7] = 0x9EA8512C$; 由此第一轮的密钥为: FFCA3258 9AAC5530 F3C63E5C 9EA8512C。 $W[8]$ 、 $W[9]$ 、...、 $W[43]$ 以此类推。

2. 把状态矩阵的第 1 个字节的高 4 位作为行值, 低 4 位作为列值, 取出 S 盒中对应的元素

作为输出, 然后进行逐步替换, 经替换后新的状态矩阵如下:

| | | | |
|------|------|------|------|
| 0x04 | 0x18 | 0x07 | 0x1a |
| 0xc7 | 0x96 | 0x12 | 0x1b |
| 0x23 | 0x05 | 0x83 | 0x6e |
| 0xc3 | 0x9a | 0x2c | 0x7c |

3. 把状态矩阵按顺序进行循环移位, 经移位后新的状态矩阵如下:

| | | | |
|------|------|------|------|
| 0x04 | 0x18 | 0x07 | 0x1a |
| 0x96 | 0x12 | 0x1b | 0xc7 |
| 0x83 | 0x6e | 0x23 | 0x05 |
| 0x7c | 0xc3 | 0x9a | 0x2c |

4. 把状态矩阵与固定矩阵进行列混合操作, 经混合后新的状态矩阵如下:

| | | | |
|------|------|------|------|
| 0x12 | 0x21 | 0x14 | 0x25 |
| 0xA1 | 0x20 | 0x28 | 0xD0 |
| 0x90 | 0x77 | 0x2E | 0x13 |
| 0x85 | 0xD0 | 0xA5 | 0x3A |

5. 把状态矩阵与第一轮密钥矩阵进行逐位异或运算。状态矩阵第一列为 0x12、0xA1、0x90、0x85, 密钥矩阵 $W[4] = 0xFF$ 、0xCA、0x32、0x58, 两者进行异或运算得到新的状态矩阵第一列, 以此类推, 经过轮密钥加后新的状态矩阵如下:

| | | | |
|------|------|------|------|
| 0xED | 0xBB | 0xE7 | 0xBB |
| 0x6B | 0x8C | 0xEE | 0x78 |
| 0xA2 | 0x22 | 0x10 | 0x42 |
| 0xDD | 0xE0 | 0xF9 | 0x16 |

6. 通过步骤 3、4、5、6 后得到第一轮的状态矩阵, 将第一轮状态矩阵结果作为第二轮的状态矩阵输入, 再次重复步骤 3、4、5、6, 重复十轮后得到最终状态矩阵如下:

| | | | |
|------|------|------|------|
| 0x9A | 0x5E | 0x9A | 0xD5 |
| 0xA5 | 0xC0 | 0x1D | 0x51 |
| 0xAC | 0x60 | 0x55 | 0xBE |
| 0x91 | 0xCA | 0xA0 | 0x5C |

7. 将状态矩阵每一列进行求和运算并取出低八位，然后取出 $S[0, 0]$ 和 $S[F, F]$ ，按顺序排列后得到最终的六字节报警台开启码：0x63, 0x16, 0x7C, 0x48, 0xAC, 0x40。