



北京航空航天大学
BEIHANG UNIVERSITY

计算机测试与控制系统实验

——图像循迹智能车实验系统

实验指导书

(2019 版)

董韶鹏 编

自动化与电气教学研究实验中心

2019 年 4 月

目录

概述/前言/课程介绍	1
基本要求与注意事项	2
一、安全操作守则	2
二、预习要求	2
三、出勤要求	2
第一部分 实验系统操作指导	4
1 仪器设备介绍	4
2 仪器设备使用方法	5
3 实验系统软件介绍	8
第二部分 图像循迹智能车实验系统实验指导	17
实验一 MINI 编码器测试及上位机通讯实验	17
一、实验目的	17
二、实验内容	17
三、实验设备	18
四、预习要求	19
五、实验原理	19
六、实验步骤	20
七、注意事项	20
八、实验报告要求	20
九、课后思考题	20
十、参考资料	21
实验二 智能车电机控制实验	22
一、实验目的	22
二、实验内容	22
三、实验设备	23
四、预习要求	24
五、实验原理	24
六、实验步骤	25
七、 注意事项	25
八、实验报告要求	26
九、课后思考题	26
十、参考资料	26
实验三 智能车舵机控制实验	27
一、实验目的	27
二、实验内容	27
三、实验设备	28
四、预习要求	29
五、实验原理	29
六、实验步骤	30
七、注意事项	30
八、实验报告要求	30

九、课后思考题	31
十、参考资料	31
实验四 OV7725 摄像头采集与图像处理实验	32
一、实验目的	32
二、实验内容	32
三、实验设备	34
四、预习要求	34
五、实验原理	34
六、实验步骤	35
七、注意事项	35
八、实验报告要求	36
九、课后思考题	36
十、参考资料	36
实验五 整车控制实验（1）	37
一、实验目的	37
二、实验内容	37
三、实验设备	38
四、预习要求	38
五、实验原理	38
六、实验步骤	38
七、注意事项	38
八、实验报告要求	39
九、课后思考题	39
十、参考资料	39
实验六 整车控制实验（2）	40
一、实验目的	40
二、实验内容	40
三、实验设备	40
四、预习要求	40
五、实验原理	40
六、实验步骤	41
七、注意事项	41
八、实验报告要求	41
九、课后思考题	41
十、参考资料	42
实验七 整车控制实验（3）	43
一、实验目的	43
二、实验内容	43
三、实验设备	43
四、预习要求	43
五、实验原理	43
六、实验步骤	44
七、注意事项	44



八、实验报告要求	44
九、课后思考题	44
十、参考资料	45
实验八 分组结课报告	46
一、实验目的	46
二、实验内容	46
三、实验设备	46
四、预习要求	46
五、实验原理	46
六、实验步骤	46
七、注意事项	46
八、实验报告要求	47
九、课后思考题	47
十、参考资料	47
附件 1 实验报告模板	49

概述/前言/课程介绍

智能小车，是一个集环境感知、规划决策，自动行驶等功能于一体的综合系统，它集中地运用了计算机、传感、信息、通信、导航及自动控制等技术，是典型的高新技术综合体。

智能车辆也叫无人车辆，具有道路障碍自动识别、自动报警、自动制动、自动保持安全距离、车速和巡航控制等功能。智能车辆的主要特点是在复杂的道路情况下，能自动地操纵和驾驶车辆绕开障碍物并沿着预定的道路(轨迹)行进。智能车辆在原有车辆系统的基础上增加了一些智能化技术设备：

(1)计算机处理系统，主要完成对来自摄像机所获取的图像的预处理、增强、分析、识别等工作。

(2)摄像机，用来获得道路图像信息。

(3)传感器设备，车速传感器用来获得当前车速，障碍物传感器用来获得前方、侧方、后方障碍物等信息。

全国大学生“飞思卡尔”杯智能汽车竞赛起源于韩国，是韩国汉阳大学汽车控制实验室在飞思卡尔半导体公司资助下举办的以 HCS12 单片机为核心的大学生课外科技竞赛。组委会提供一个标准的汽车模型、直流电机和可充电式电池，参赛队伍要制作一个能够自主识别路径的智能车，在专门设计的跑道上自动识别道路行驶，最快跑完全程而没有冲出跑道并且技术报告评分较高为获胜者。其设计内容涵盖了控制、模式识别、传感技术、汽车电子、电气、计算机、机械、能源等多个学科的知识，对学生的知识融合和实践动手能力的培养，具有良好的推动作用。

本实验指导书帮助学生研究图像循迹智能车实验系统关键技术，实质是研究用恩智浦公司 32 位 K60 系列微控制器作为核心控制单元，自主构思控制方案进行系统设计，包括传感器信号采集处理、电机驱动、转向舵机控制以及控制算法软件开发。按照“恩智浦”杯智能车竞赛要求完成智能车设计编程等全部动作。

基本要求与注意事项

一、安全操作守则

1. 首次进入实验室参加实验的学生应认真听取实验指导教师对于安全内容的介绍。
2. 实验室总电源由指导教师负责，学生不得擅自接触。
3. 实验过程中需妥善保管好水杯、饮料瓶等容器，不许放置在实验操作台上。
4. 学生进行实验时，独立完成的实验线路连接或改接，须经指导教师检查无误并提醒注意事项后，方可接通电源。
5. 严禁带电接线、拆线、接触带电裸露部位及电机旋转部件。
6. 各种仪表、设备在使用前应先确认其所在电路的额定工作状态，选择合理的量程。若认为仪表、设备存在问题或发生故障，应报告指导教师，不得自行排除故障。
7. 实验中发生故障时，必须立即切断电源并保护现场，同时报告指导教师。待查明原因并排除故障后，才可继续进行实验。
8. 实验室内禁止打闹、大声喧哗、乱扔废物以及其它不文明行为。
9. 实验开始后，学生不得远离实验装置或做与实验无关的事。
10. 实验完毕后应首先切断电源，再经指导教师检查实验数据后方可拆除实验线路，并将实验仪表、用线摆放整齐。

二、预习要求

1. 仔细阅读实验指导书，根据实验指导书内容完成实验预习。
2. 针对实验的内容，查找相关资料，学习相关原理。
3. 对实验进行设计，包括实验方法、实验设备、程序设计等。
4. 考虑实验过程中可能出现的问题，及可能的实验结果。

三、出勤要求

1. 要求按时进入实验室进行实验，不迟到。迟到 10 分以上者，实验过程成绩减半，迟到 20 分钟以上者，取消本次实验资格。
2. 实验完成后，经实验教师检查合格后方可离开，中途不得随便离开实验室，确有情况者，向实验教师讲明原因，在允许的情况下方可离开。

- 3.实验过程中应关闭通信设备，或将通信设备调至静音，实验过程中不得玩手机。
- 4.如未参加实验，则实验成绩按 0 分计。

第一部分 实验系统操作指导

1 仪器设备介绍

实验设备包括：计算机、示波器 DS5062CE、信号源 DG1011、图像式智能车实验平台、CMOS 摄像头 OV7725、高精度万用表 VC9804 或 UT61E 等。如图 1.1~图 1.4 所示为实验中用到的部分实验仪器（未拍计算机）。



图 1.1 图像式智能车实验平台

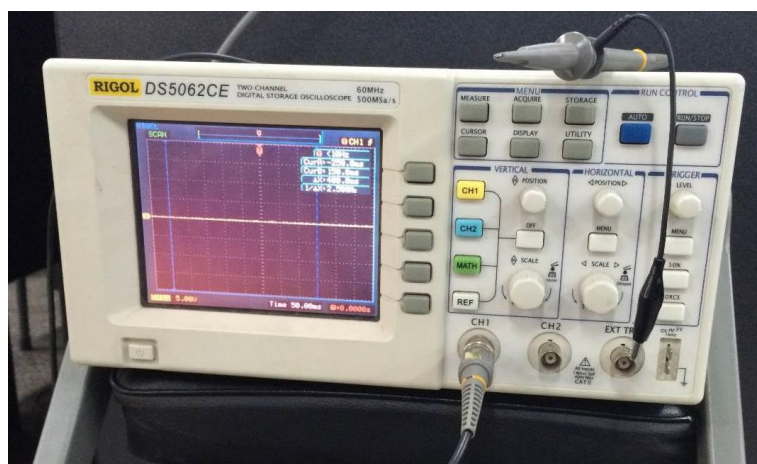


图 1.2 示波器



图 1.3 信号源



图 1.4 万用表 (UT61)



图 1.4 万用表 (VC9806)

2 仪器设备使用方法

2.1 信号源使用说明

DG1011 型信号发生器面板如图 2.1 所示。

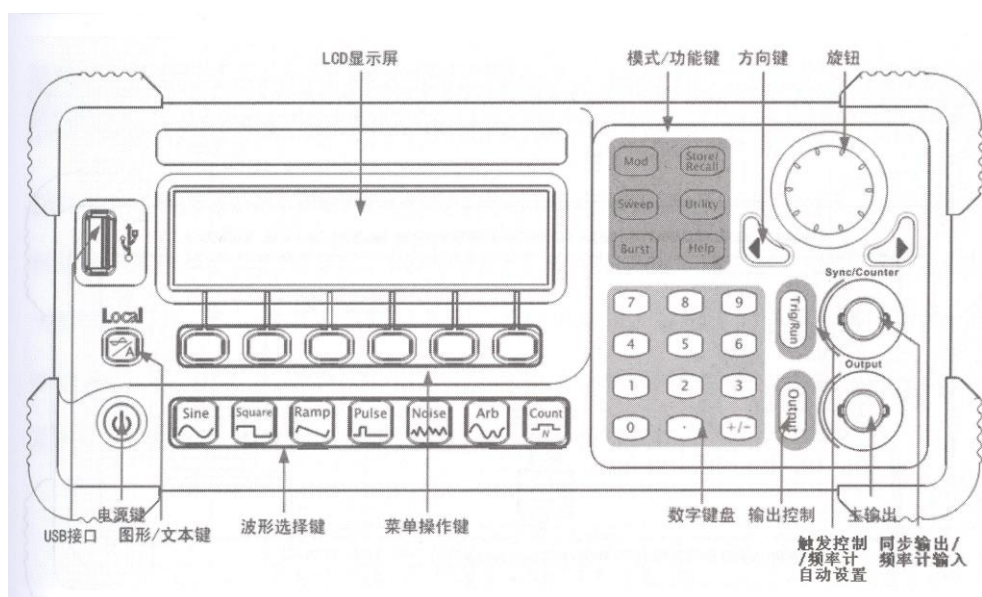


图 2.1 信号源面板图

信号源的一般操作如下：

- (1) 插上电源线。
- (2) 按亮左下角电源开关。
- (3) 按波形选择键，选择某个信号波形，如按亮“sin”选择正弦输出，LCD 显示屏显示对应波性的参数及对应数值，如正弦有“频率”、“幅值”和“偏移量”三个参数。
- (4) 按数字键盘可输入对应参数的数值，然后选择对应的特性，如噪声信号可选“mVpp”、“Vpp”、“mVRMS”和“VRMS”，其中“Vpp”为峰峰值，“VRMS”为均方值。
- (5) 设置完成后，连接输出端子的信号线，按亮“Output”按钮，信号可输出。
- (6) 使用完毕后，关闭电源，拔下导线。

信号源除了输出典型的波形外，还有一些辅助功能，如直流、同步等。直流输出的操作步骤如下：

- (1) 插上电源线。
- (2) 按亮左下角电源开关。
- (3) 按亮“Utility”，LCD 显示屏底部显示辅助功能，按菜单操作键中“直流关”对应的按钮，显示“直流开”及“偏移量”，输入要求的数字键设置直流输出的幅值。
- (4) 连接输出端子的信号线，按亮“Output”按钮，信号可输出。

(5) 使用完毕后，关闭电源，拔下导线。

2.2 示波器使用说明

数字示波器 DS-5000 面板如图 2.2 所示，其操作面板分布如图 2.3 所示。

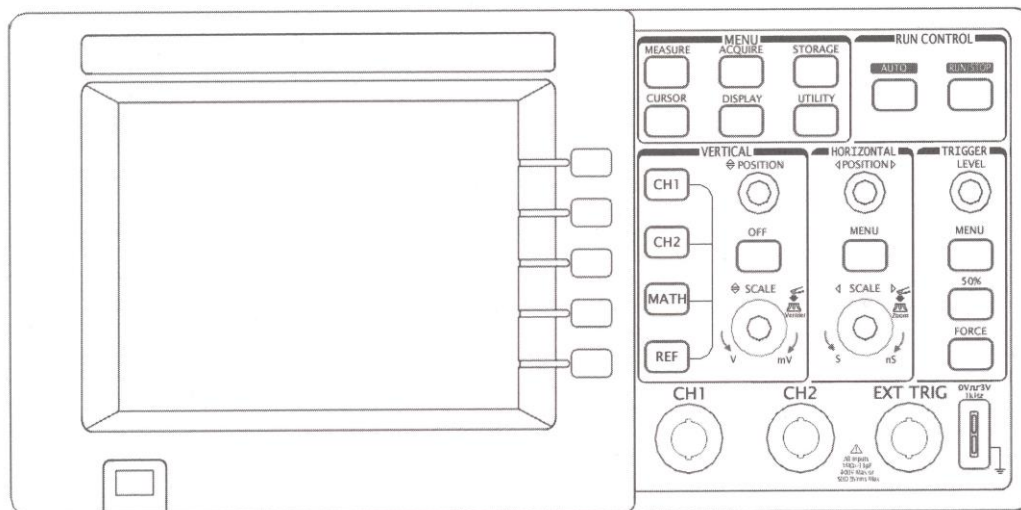


图 2.2 示波器器面板图

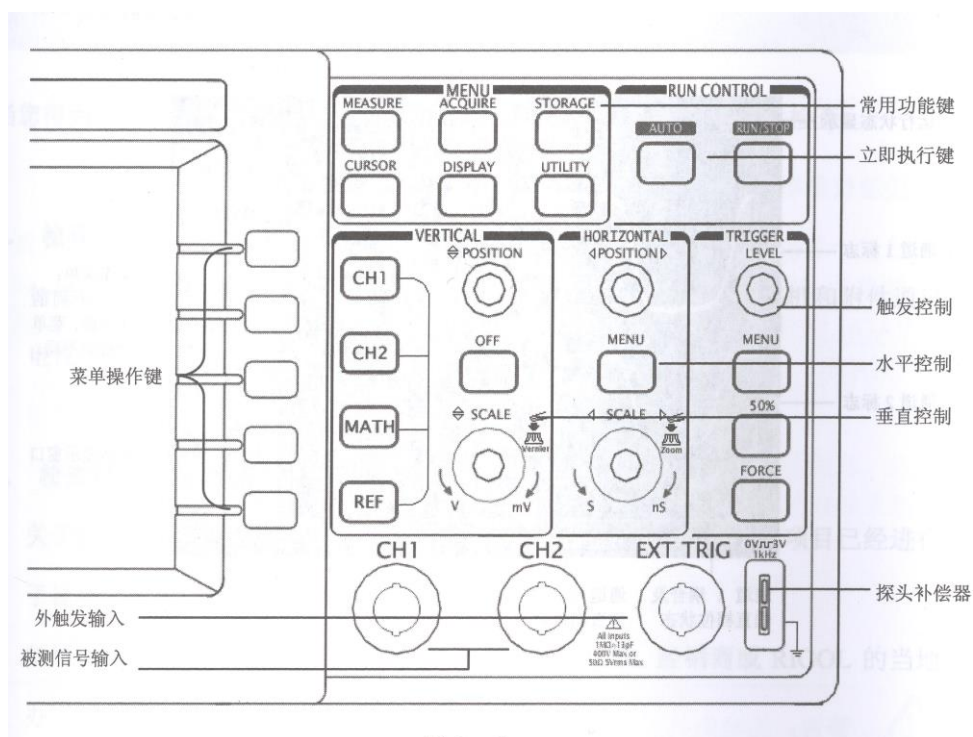


图 2.3 示波器操作面板分布图

示波器也是常用的测试仪器，该仪器常用操作如下：

(1) 按下左下角电源开关，打开示波器。

- (2) 示波器探头连接至 CH1 和 CH2，将探头连接到信号端，按 AUTO 按钮，可在显示屏显示波形。
- (3) 使用完毕后，关闭示波器。

实验中使用示波器的单次触发，单次触发设置步骤如下：

- (1) 按一下示波器右侧“TRIGGER”框中的“MENU”按钮，显示屏显示“TRIGGER”菜单；
- (2) 按动显示屏右边对应菜单中“触发方式”的按钮，选择“单次”；
- (3) 按动显示屏右边对应菜单中“边沿类型”选择双沿；
- (4) 按动显示屏右边对应菜单中“信源选择”选择“CH2”。

示波器时间测量标尺设置步骤如下：

- (1) 在示波器操作面板的左上角“MENU”框中，按一下“CURSOR”按钮，显示屏显示“CURSOR”菜单；
- (2) “光标模式”选择“手动”；“光标类型”选择“时间”；
- (3) 示波器操作面板上的垂直和水平“POSITION”旋钮可以分别移动标尺的位置。

3 实验系统软件介绍

3.1 编程调试软件

开发调试程序使用的软件是 IAR，关于软件的安装步骤如下：

- (1) 下载安装软件

关于 IAR 软件的下载，为避免下载版本不一导致部分功能不兼容、例程无法使用等不必要的错误出现，已经将下载包下载好放在“实验指导所用软件”文件夹中：

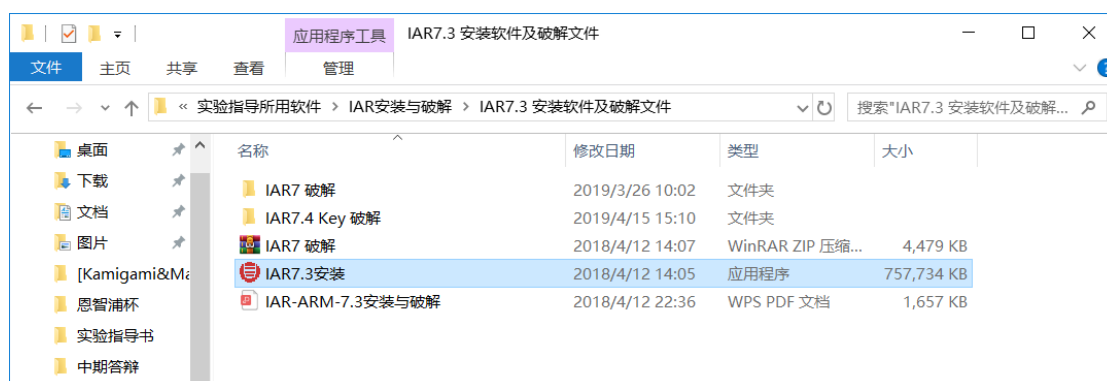


图 3.1 IAR 安装软件位置

其中还包括 IAR 破解软件。

(2) 安装 IAR 详细过程

①. 运行实验指导所用软件中的 IAR7.3 安装.exe。

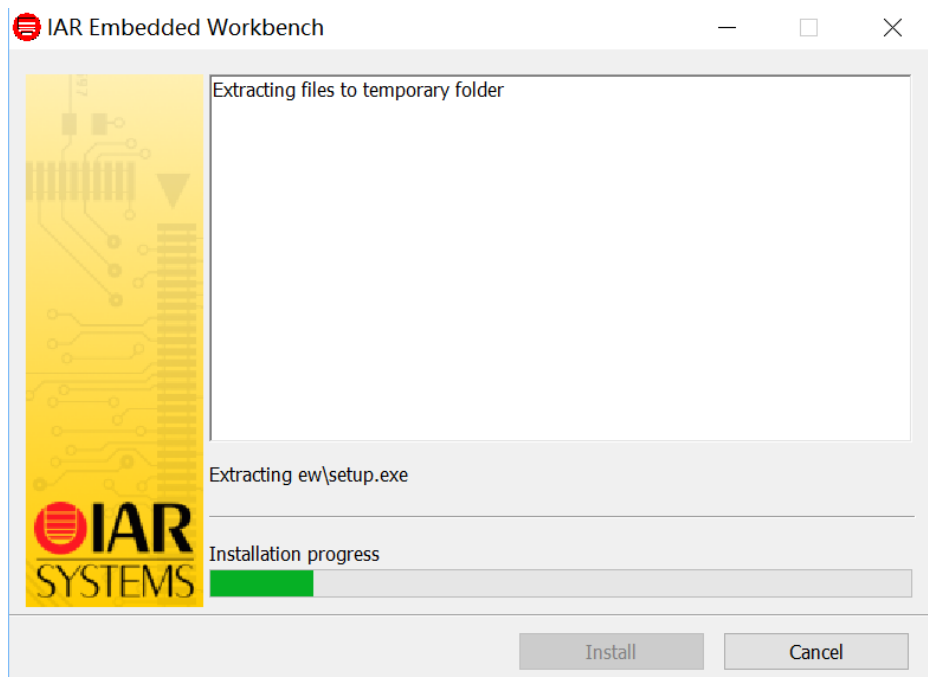


图 3.2 IAR 软件安装

②. 按照 IAR-ARM-7.3 安装与破解.pdf 进行 IAR 的安装与破解工作

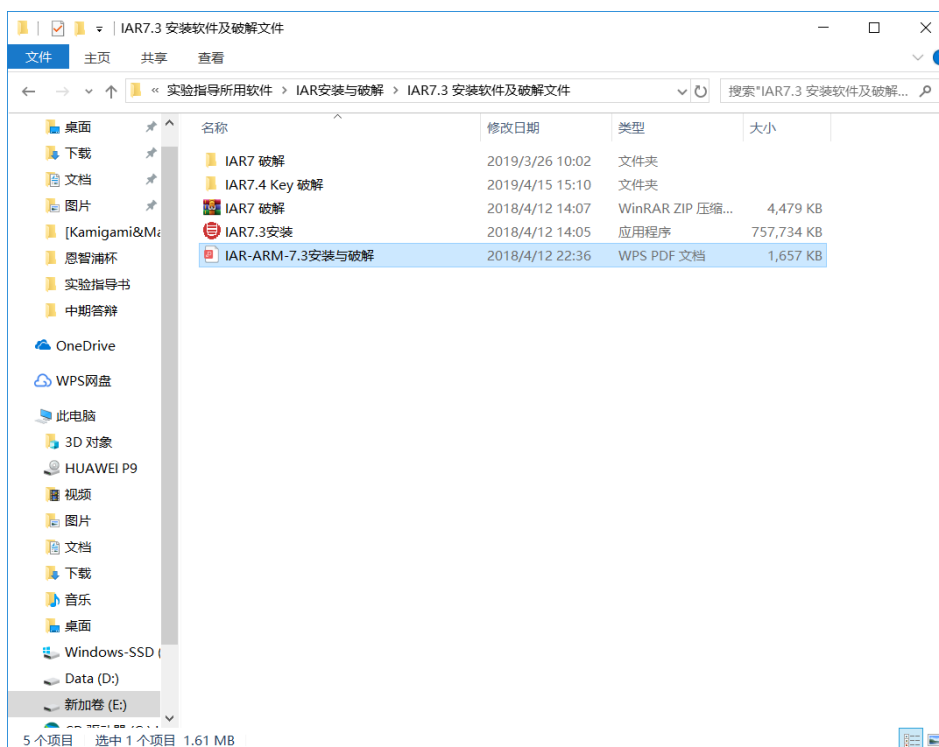


图 3.3 IAR 软件破解

③. IAR 软件编程界面

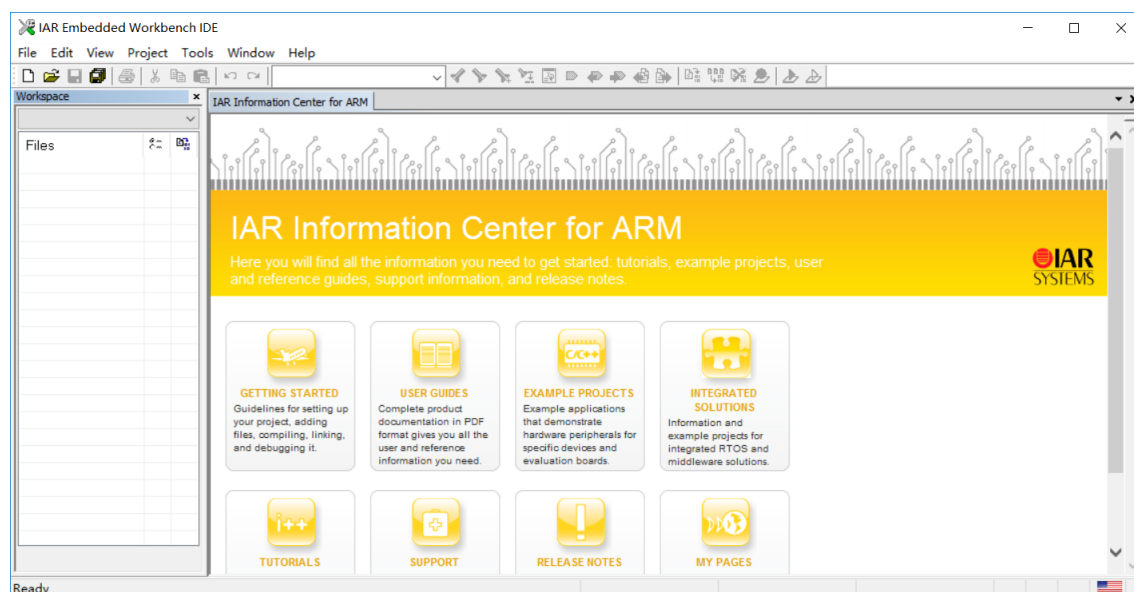


图 3.4 IAR 运行界面

相对于 Keil For ARM、CodeWarrior 而言，IAR for ARM 的编程界面是最简单的，编译效率高。

(3) 使用 IAR 建立工程

在这里，我们以 GPIO 为例子，一步步操作，讲解建立工程的详细过程。

①. 建立工作空间

File——New——Workspace

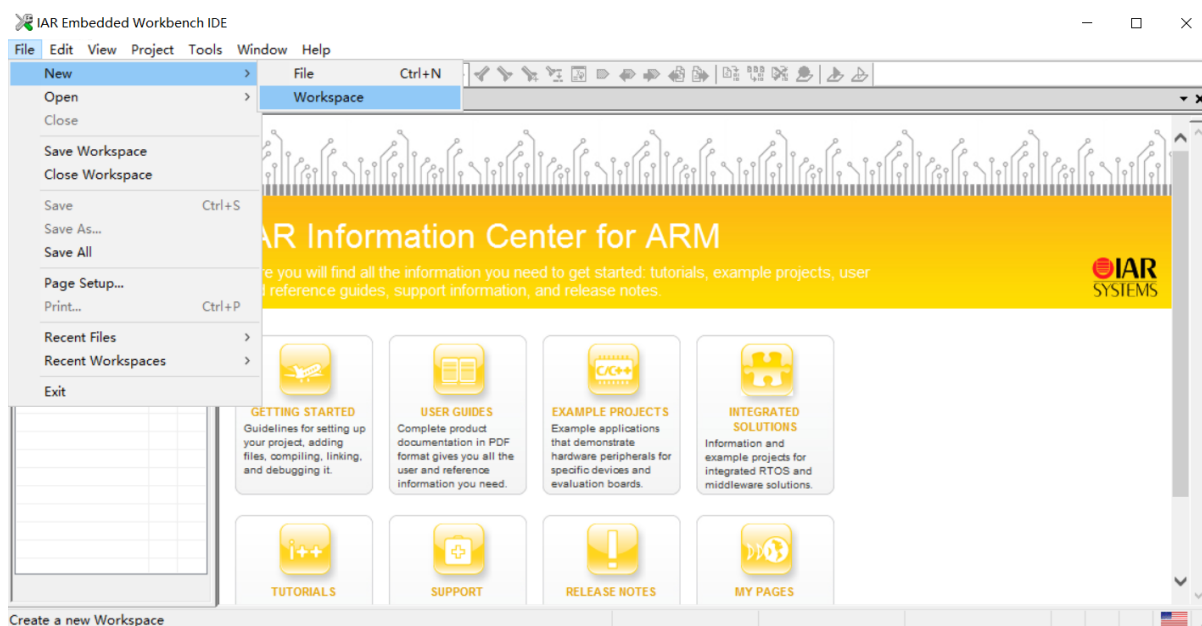


图 3.5 建立工作空间

②. 建立工程

在工具栏里选择 Project——Create New Project

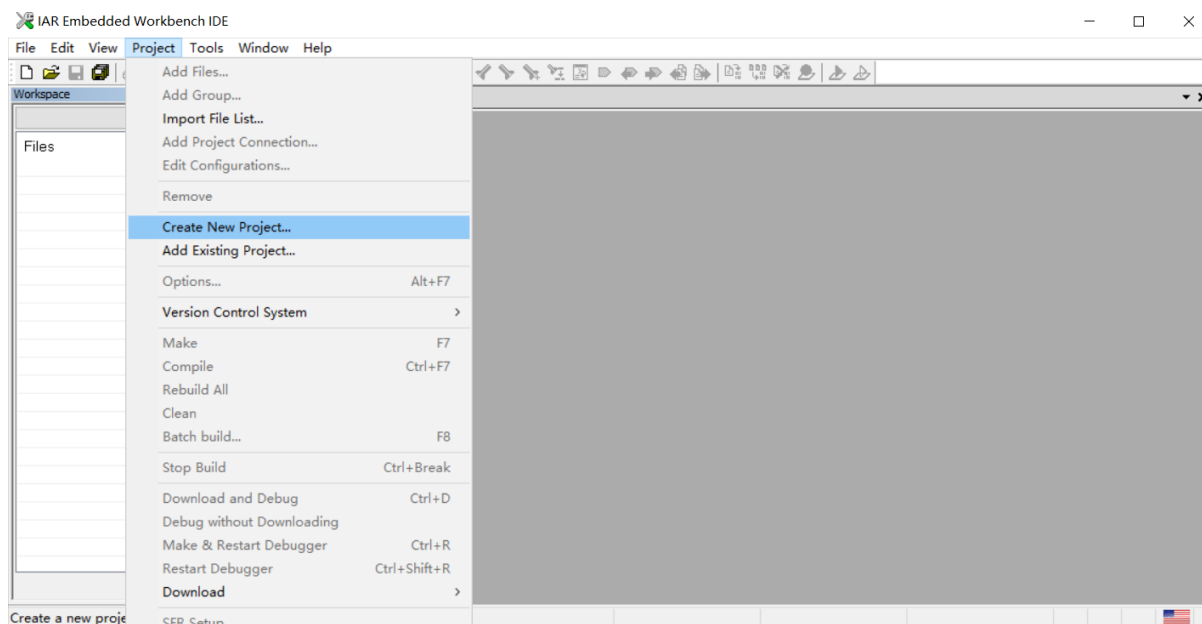


图 3.6 建立工程（1）

接着在弹出来的对话框里选择空的工程，点击确定

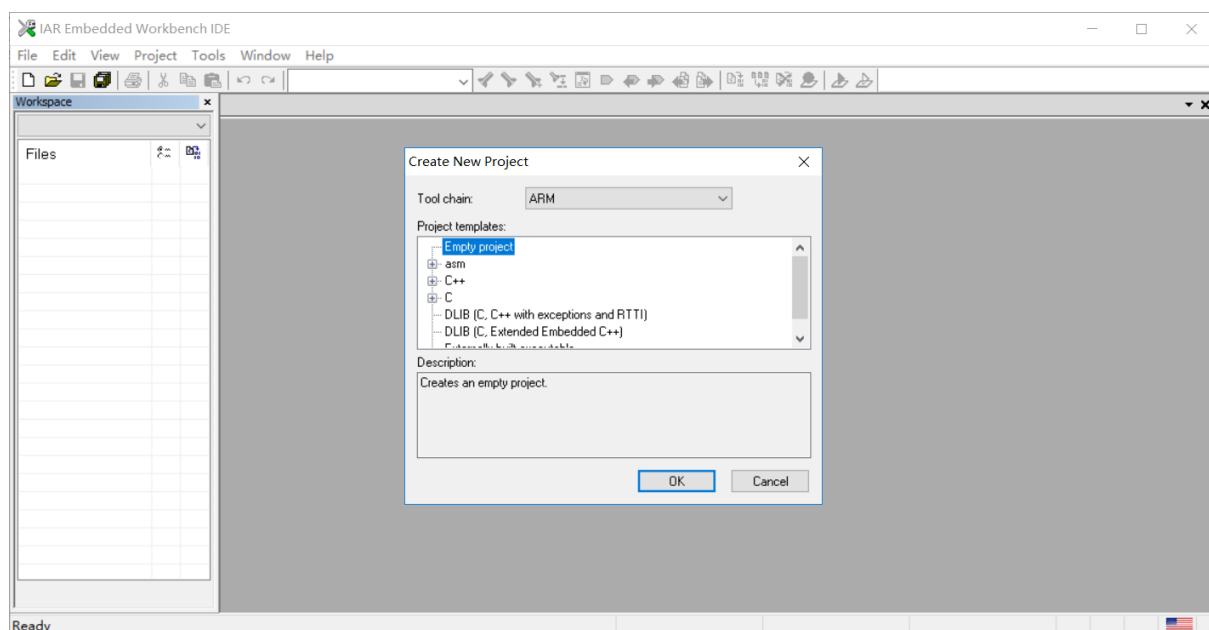


图 3.7 建立工程（2）

接着弹出选择保存工程的对话框。由于我们还没建保存工程的文件夹，我们就直接在对话框里新建：右键——新建——文件夹——重命名为：fire_Kinetis。

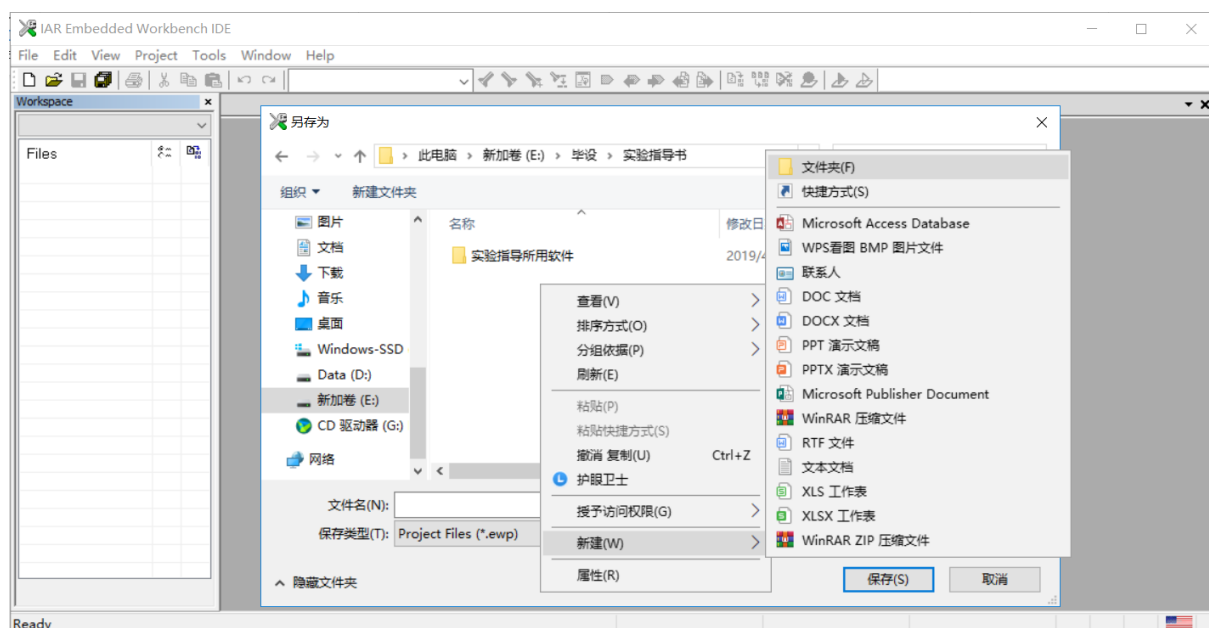


图 3.8 建立工程（3）

打开新建的 fire_Kinetis 文件夹，再建一个 build 文件夹， build 文件里再建一个 gpio_demo 文件夹，把工程文件保存在 gpio_demo 文件夹里面，工程文件名为：fire_gpio_demo。

保存后，进入 IAR 界面，进行工作区的保存。在菜单栏里找到图标，点击保存全部文件，把工作区文件保存在 fire_Kinetis 文件夹下，名字为 fire_Kinetis：

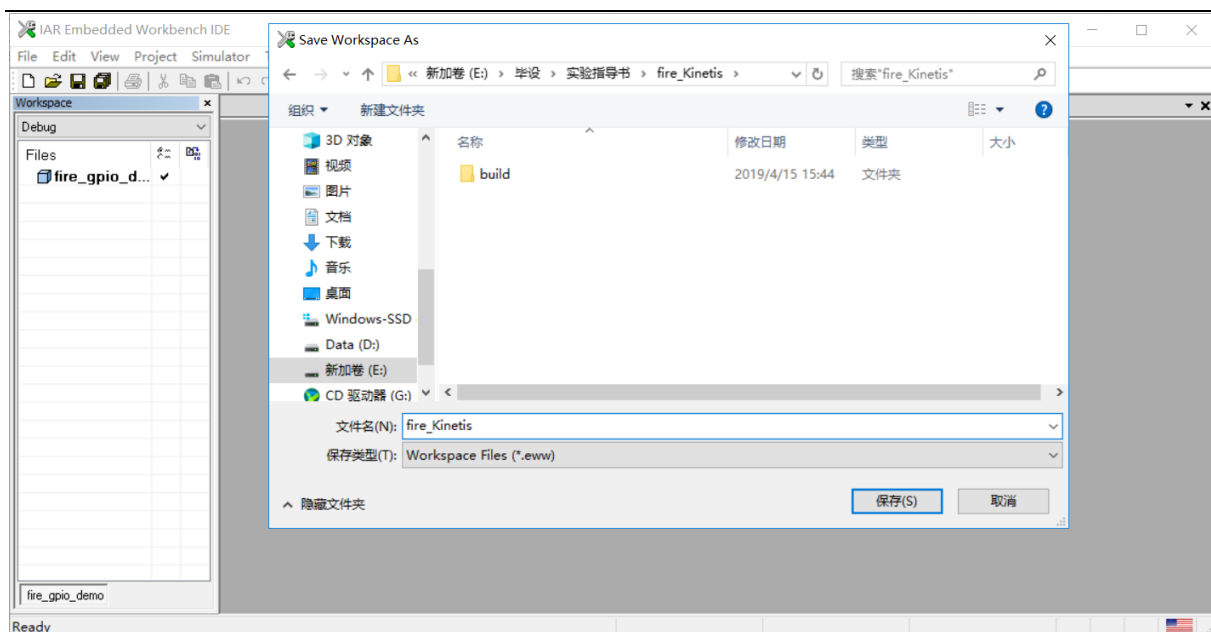


图 3.9 建立工程（4）

这样，一个空的 IAR 工程骨架就建立完毕，需要我们往里面添加自己的模块。

③. 往工程添加 Kinetis 官方自带函数库。

复制例程文件夹下的文件夹 lib 到 fire_Kinetis 文件夹下：

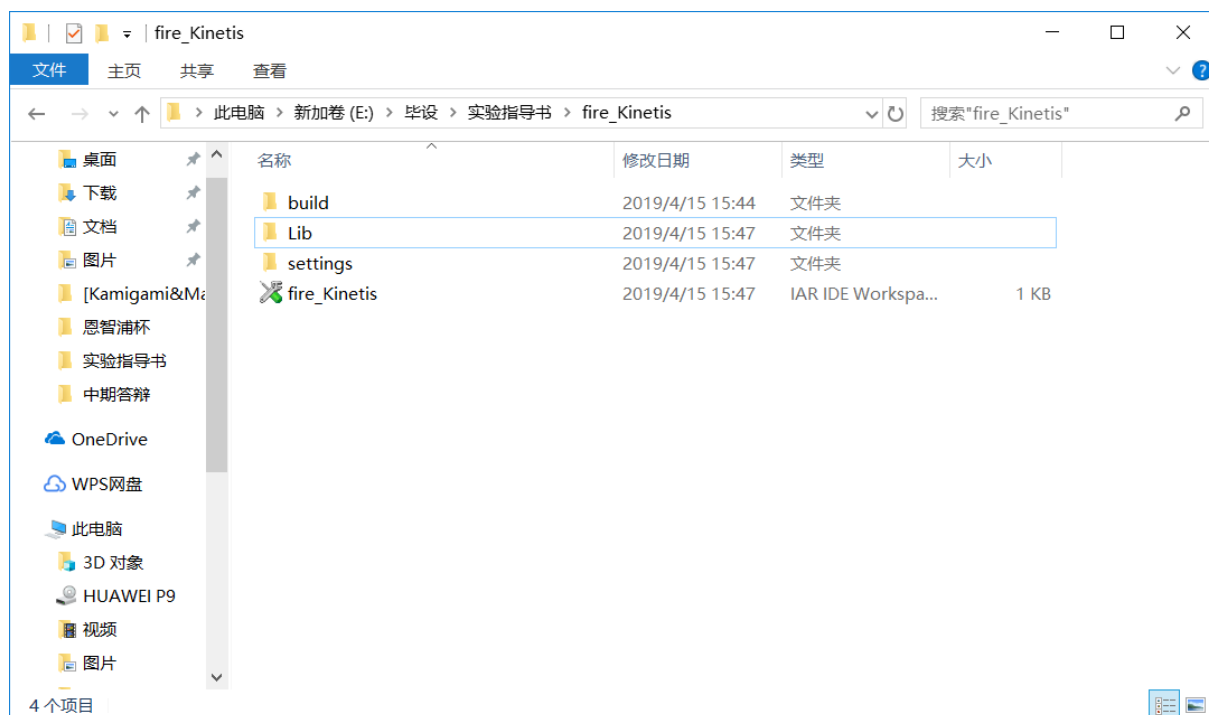


图 3.10 添加函数库

④. 添加分组，方便管理代码

返回 IAR 界面，在工程里创建分组：

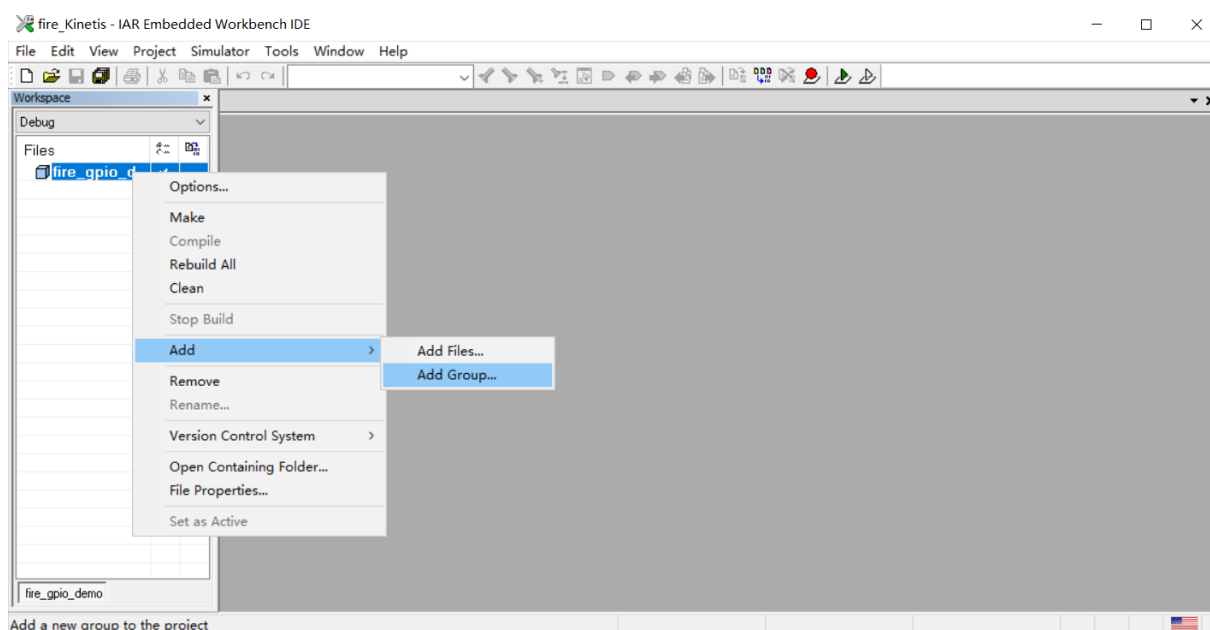


图 3.11 添加分组

按照提示填入分组名 app、common、user、cpu、drivers 等。

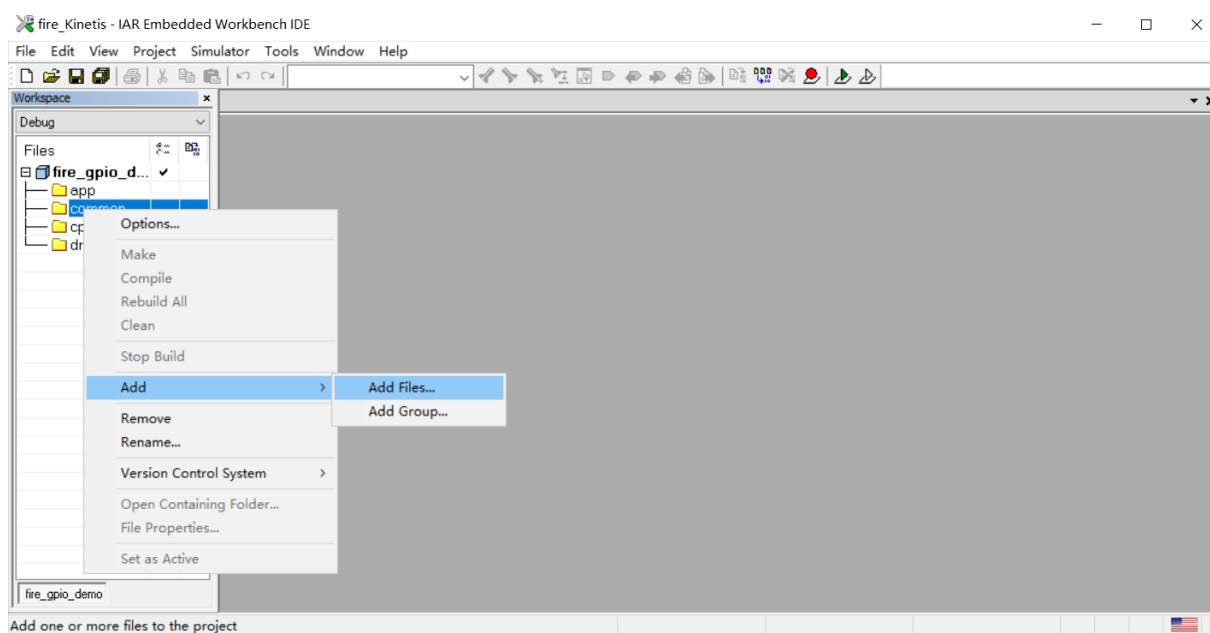


图 3.12 添加文件

通过分组添加文件能够使各部分代码文件更加整齐方便管理和查看。

当然，为了节省时间，也可以将例程的文件夹复制到自己的电脑上，直接利用例程已经建立好的架构进行程序的编写。

3.2 仿真调试软件

仿真使用的软件是 Simulink，也是使用较为广泛的一种仿真软件。

运行 MATLAB，在任务栏中找到 simulink 图标并点击打开：

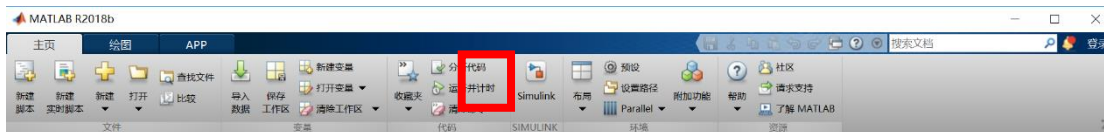


图 3.13 simulink 位置

点击界面中的“blank model”，建立新的模型：

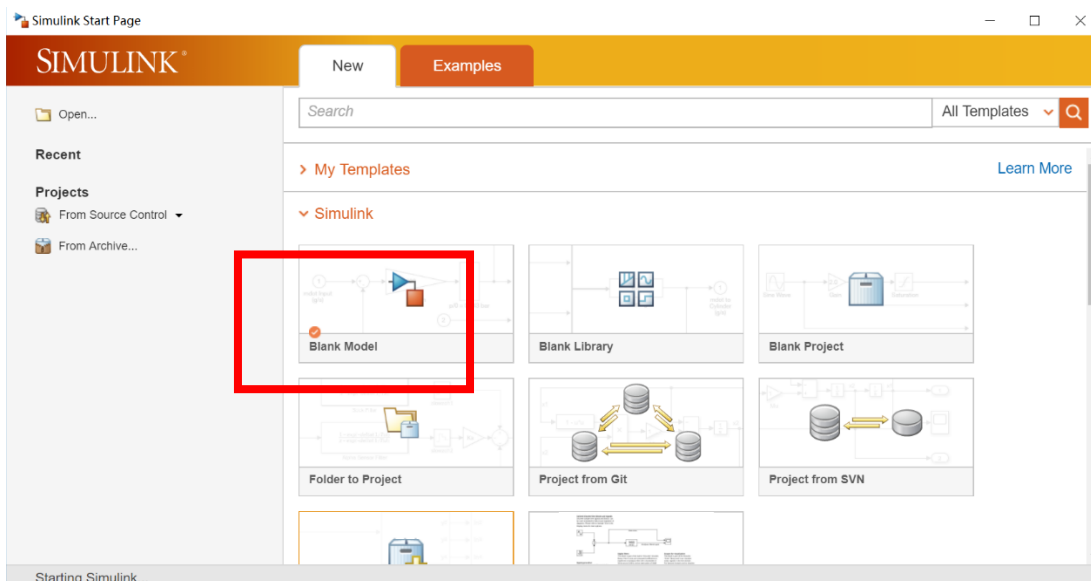


图 3.14 建立模型

在新模型的空白界面中，点击“view”→“library browser”，打开 simulink 组件库：

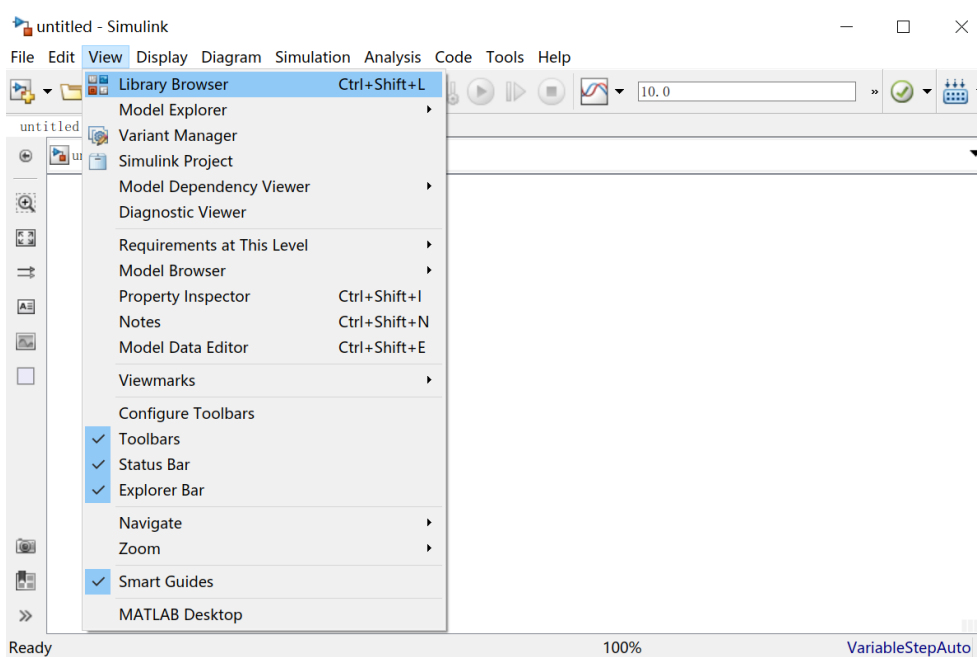


图 3.15 组件库

打开组件库界面后，即可在库中寻找建立模型需要的相关元件，搭建模型：

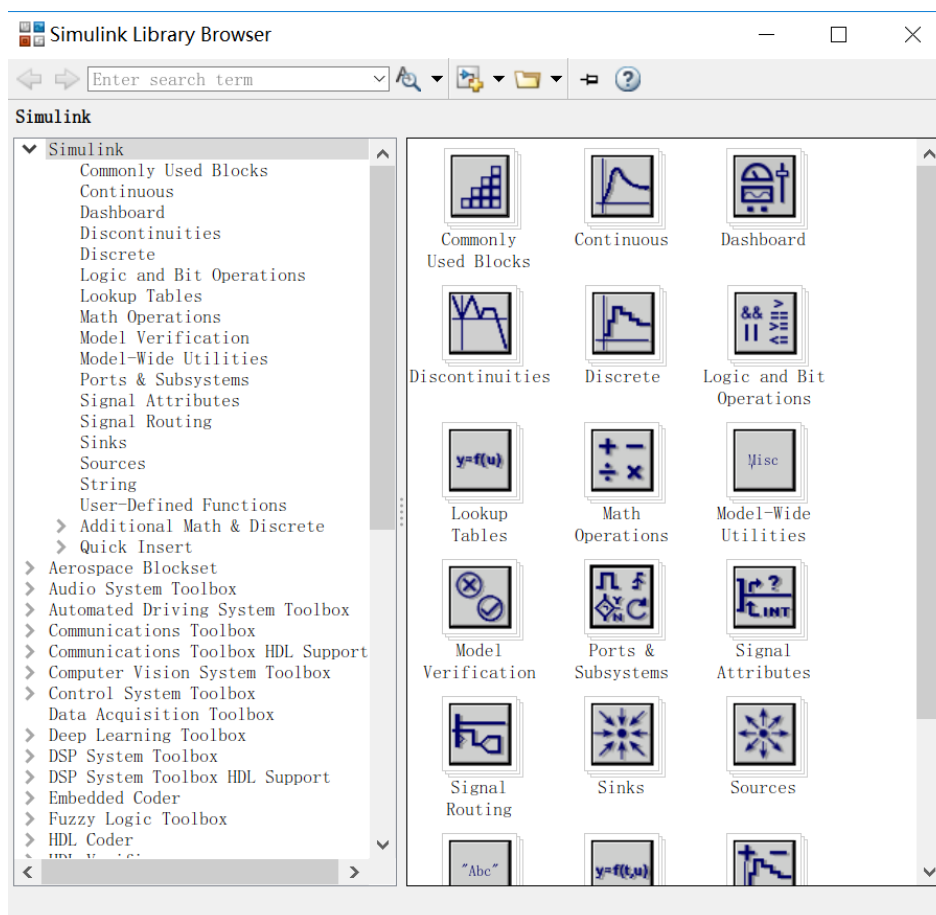


图 3.16 搭建模型

模型建立好之后，设定仿真时间并运行模型：

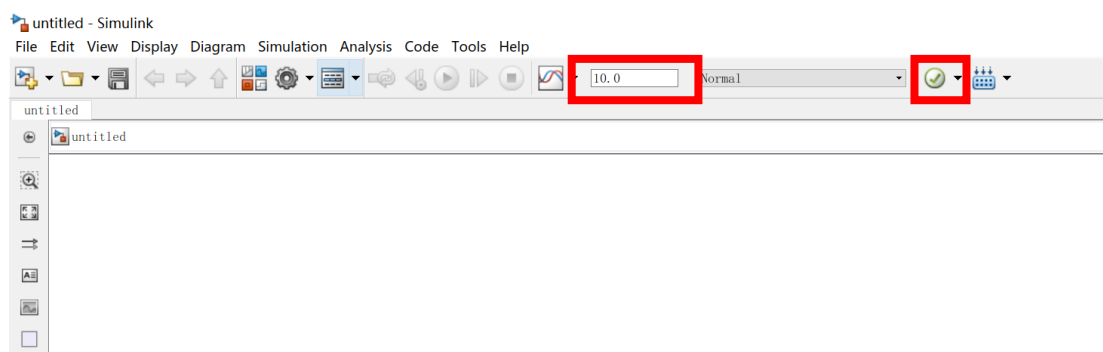


图 3.17 运行模型

第二部分 图像循迹智能车实验系统实验指导

实验一 MINI 编码器测试及上位机通讯实验

一、实验目的

1. 熟悉 K60 系列单片机开发软件的使用
2. 掌握单片机 I/O 口及 UART 模块的使用
3. 掌握编码器原理，测试 MINI 编码器是否正常工作
4. 学习上位机通讯程序的编写和使用

二、实验内容

1. 验证性实验

具体要求：

按照实验指导书正确安装编译软件以及相关驱动，了解 UART 模块各寄存器功能及配置原理。连接智能车 WiFi 串口通讯接口，再与电脑连接，简单测试串口以及上位机通讯功能。

学会使用 IAR 编译软件新建工程以及工程编译烧写等基本操作，按照例程配置 K60 单片机 UART0 模块寄存器。打开上位机软件实现由单片机向上位机发送字符。设置 UART0 为串口通讯接口，连通硬件，完成基本程序烧写。

测试 MINI 编码器工作情况，使用实验平台上的 OLED 液晶屏和电脑端上位机接收数据。

本次实验所需硬件连接：

将 WiFi 模块与智能车上的 J11 端口连接（如下图）：

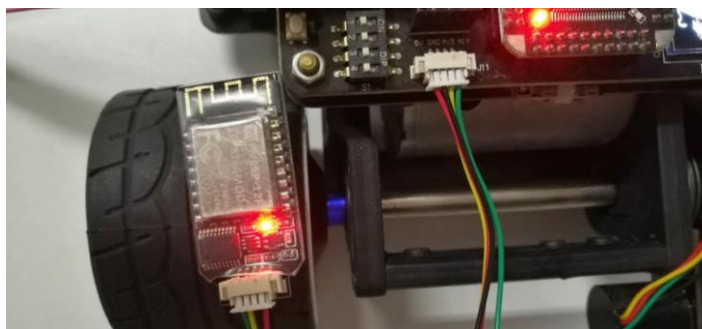


图 2.1 连接 WiFi 模块

WiFi 模块与电脑的连接方法以及上位机软件收录在实验指导所用软件中：

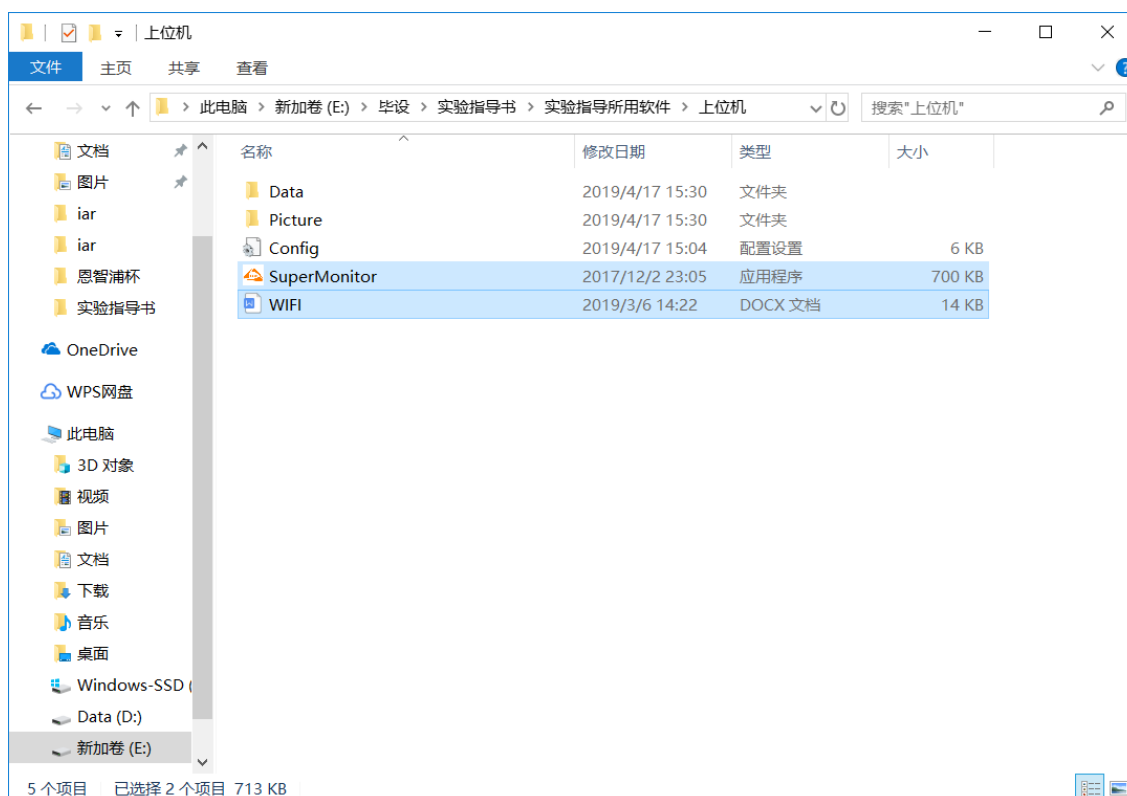


图 2.2 上位机软件

2. 设计性实验

设计算法，使得编码器可以测出智能车的实时速度，并把速度数据上传至上位机和 OLED 屏幕。

具体要求：

继续了解和学习 K60 串口通讯功能，实现单片机与上位机之间接收和发送数据。测量车轮转过一圈时智能车所前进的距离以及编码器的脉冲数，编写程序采集编码器信息用以反馈速度信息；显示速度必须实时，单位自己确定。

硬件连接：

与验证性实验相同。

三、实验设备

1. 计算机

2. 智能创新平台（智能车）

3. WiFi 模块

四、预习要求

- 1.学习 K60 单片机的 GPIO 口输入输出设置
- 2.学习 K60 单片机 UART 模块参数设置
- 3.学习串口通讯的工作原理
- 4.了解 mini 编码器的工作原理

五、实验原理

1. UART 原理介绍

实验所使用的 K60 单片机 UART 模块共有 6 个，分别是 UART0~5。在后续的实验中一直选用 UART0 作为串口通讯接口。UART 使用的引脚功能也和 GPIO 一样，需要在 PORT_PCR 寄存器中设置。UART 模块的时钟源来自 MCG 模块，其中 UART0、UART1 使用系统时钟，即核心时钟，而其余的 UART 使用总线时钟，即由 MCG 时钟分频而来的 Bus Clock。

通过设置 UARTx_BDH 和 UARTx_BDL 寄存器设置 UART 的波特率，实验中设置为 1500000。通过设置控制寄存器将数据格式设置为 8 位数据，停止位 1 位，不设置校验位。

2. 各外设在实验箱的位置分布

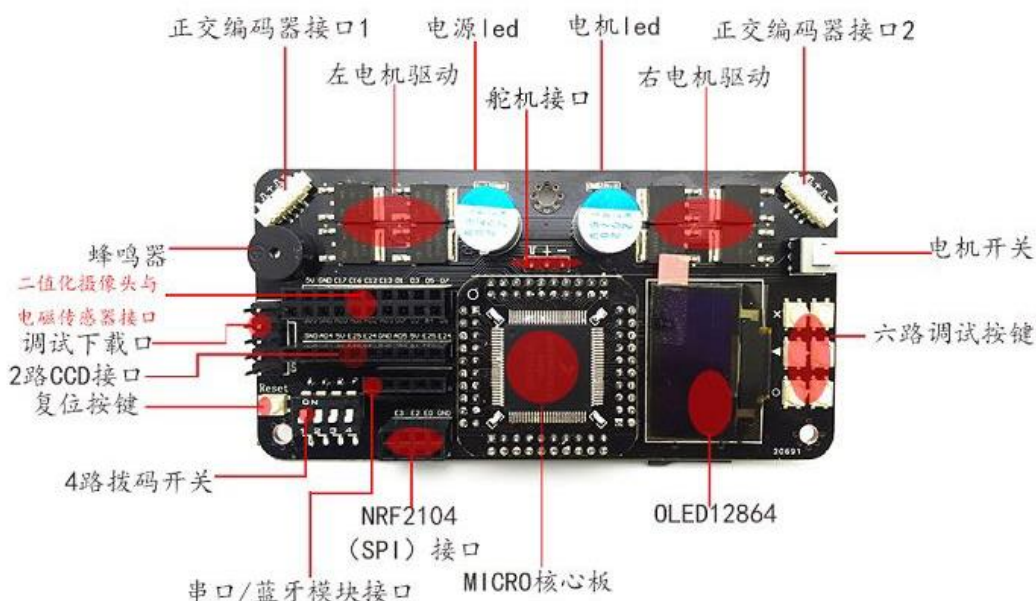


图 5.1 智能车硬件分布图

六、实验步骤

- 1.按要求连接硬件
- 2.学习验证实验的参考程序（例程在附件中）
- 3.将例程烧录至智能车，进行验证实验
- 4.发散思维，进行设计性实验

七、注意事项

- 1.实验平台接口较为脆弱，进行硬件连接时注意不要弄坏接口。
- 2.使用下载器烧录程序时应当注意连接口正反，烧录完毕后应点击 IAR 软件中的停止运行按钮再断开连接。
- 3.注意锂电池正负极接口不要接反，红线接红线，黑线接黑线；如果需要对锂电池进行充电，应使用专用充电器，同样要注意正负极不要接反。
4. 对于验证性实验可以根据所给的程序进行验证（C 语言或汇编语言都可），按照所给要求进行硬件连接，最后观察程序运行结果。对于设计性实验，可以结合前面两个验证性实验的程序进行扩展，最终按照要求独立完成设计性实验。
5. 实验成绩=考勤（10%）+实验过程及结果（60%）+实验报告（30%）。
6. 报告雷同者，报告成绩为零分。

八、实验报告要求

实验报告中应包括以下内容：

1. 本实验所涉及工程问题描述（根据实验内容注明具体要求）
2. 实验工作原理与理论分析（根据实验内容注明具体要求）
3. 实验过程描述和实验结果分析（根据实验内容注明具体要求）
4. 实验结论（根据实验内容注明具体要求）
5. 个人体会和建议（根据实验内容注明具体要求）

实验报告模板可参照附件 1。

九、课后思考题

1. 串口通讯如何实现发送接收状态查询。
2. 如何使用 MINI 编码器作为速度反馈。

十、参考资料

1. 闫琪, 王江, 熊小龙, 朱德亚, 邓飞贺, 朱锐, 金立编著. 智能车设计“飞思卡尔杯”从入门到精通. 北京航空航天大学出版社.
2. 蔡述庭主编. “飞思卡尔”杯智能汽车竞赛设计与实践--基于S12XS和Kinetis K10. 北京航空航天大学出版社2016年6月.
3. 潘峰, 冯占英, 沈允中, 耿光瑞主编. 全国大学生飞思卡尔智能车大赛应用详解[M]. 中国铁道出版社.
4. 董刚. 智能小车运动控制系统研制[D]. 西安科技大学硕士论文. 2009年4月.
5. 黄开胜、金华民、蒋狄南著. 韩国智能模型车技术方案分析. 卓晴、黄开胜、邵贝贝等编. 学做智能车—挑战“飞思卡尔”杯. 北京: 北京航空航天大学出版社 2007.

实验二 智能车电机控制实验

一、实验目的

1. 学习电机工作原理及 PWM 控制的编程方法。
2. 学习编码器的基本使用方法及其编程方法。

二、实验内容

1.验证性实验

结合编码器进行闭环电机控制实验。

具体要求：

使用附件中的电机驱动测试程序测试电机能否正常工作。结合编码器编写控制程序，稳定调整电机转速达设定值，将电机转速数据传输至 OLED 屏幕与上位机。

2.设计性实验

使用 simulink 进行电机仿真实验，构建电机闭环控制模型并进行仿真和实际调试。

具体要求：

利用上位机测得的各种数据以及电机的硬件资料求得电机控制模型的传递函数（一阶系统或二阶系统即可），使用 PID 控制等控制方法进行仿真以及实际程序的编写。要求仿真结果与实际调试中使用的参数差距不能过大，仿真较为贴合实际而且能指导实际参数的调节工作。

仿真方法示例：

以构建电机的一阶系统为例来介绍根据电机实际测试数据构建仿真模型的方法：

由课程自动控制原理可知，一阶系统的闭环传递函数为：

$$\Phi(s) = \frac{1}{Ts + 1}$$

需要测得的只有一个时间常数 T ，而时间常数 T 可以通过电机的阶跃响应时间测得。因在运行过程中电机一直在运转，所以阶跃响应时间不应包含电机的起动时间。现以车速从 1m/s 变化到 2m/s 的时间作为电机阶跃响应时间来测量为例进行测试。算法流程图如下：

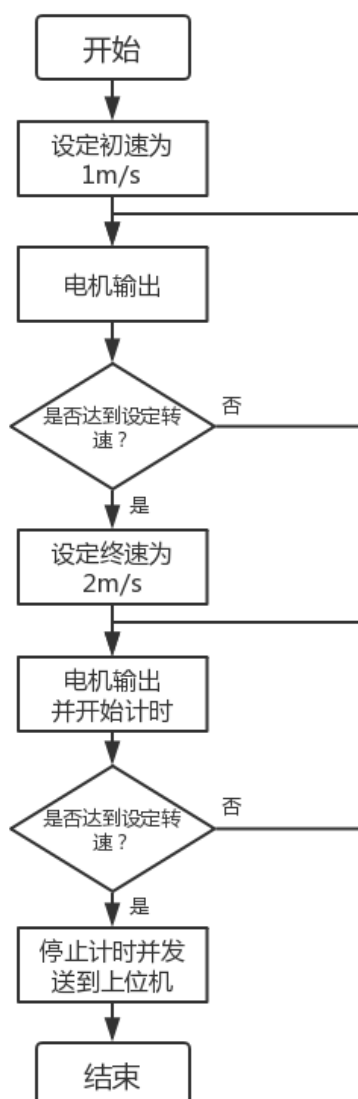


图 2.1 电机动态响应时间测试流程图

由此算法，阶跃响应时间可以直接显示在上位机或者 OLED 屏幕上，便可以计算出参数 T ，进行下一步的 simulink 仿真工作。

电机的详细资料在附件中可以查看。

三、实验设备

1. 计算机
2. 智能创新平台（智能车）
3. 万用表
4. 示波器

四、预习要求

1. MK60DN512 微控制器脉宽调制模块控制寄存器定义及功能。
2. BDC 直流有刷电机基本知识。

五、实验原理

1. 电机驱动模块工作原理介绍

电机驱动模块采用 H 桥电路，通过 PWM 波占空比控制电机转速，与 L298N 控制原理类似。

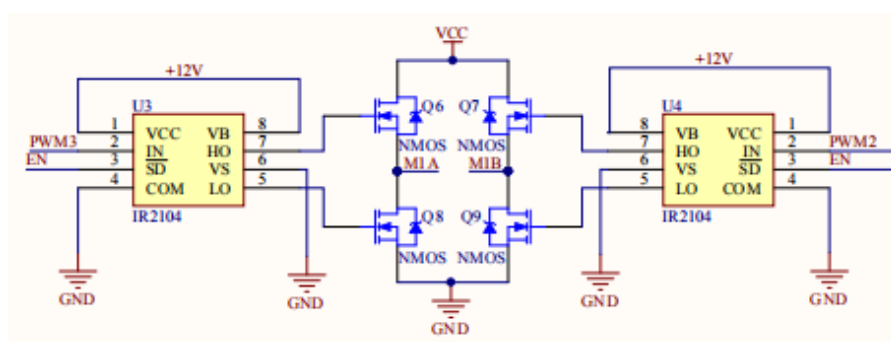


图 5.1 电机驱动电路图

2. PID 控制原理介绍

PID 控制是工程实际中应用最为广泛的调节器控制方法。问世至今 70 多年来，它以其结构简单、稳定性好、工作可靠、调整方便而成为工业控制的主要技术之一。

单位反馈的 PID 控制原理框图如图：

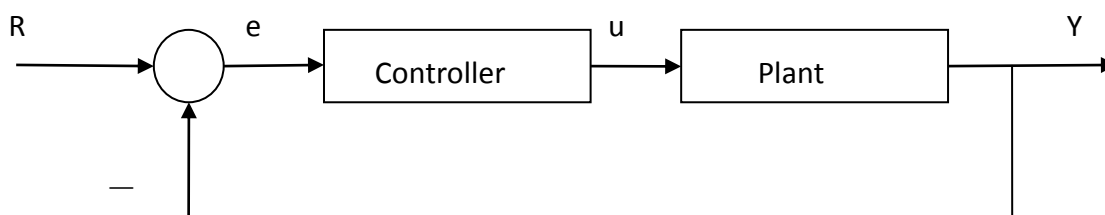


图 5.2 PID 控制原理

单位反馈 e 代表理想输入与实际输出的误差，这个误差信号被送到控制器，控制器算出误差信号的积分值和微分值，并将它们与原误差信号进行线性组合，得到输出量 u 。

$$u = k_p e + k_i \int e dt + k_d \frac{de}{dt}$$

其中， K_p 、 K_i 、 K_d 分别称为比例系数、积分系数、微分系数。 u 接着被送到了执行机构，这样就获得了新的输出信号 u ，这个新的输出信号被再次送到感应器以发现新的误差信号，这个过程就这样周而复始地进行。

数字控制系统中，PID控制器是通过计算机PID控制算法程序实现的。计算机直接数字控制系统大多数是采样-数据控制系统。进入计算机的连续-时间信号，必须经过采样和整量化后，变成数字量，方能进入计算机的存储器 and 寄存器，而在数字计算机中的计算和处理，不论是积分还是微分，只能用数值计算去逼近。

用矩形数值积分代替上式中的积分项，对导数项用后向差分逼近，得到数字PID控制器的基本算式（位置算式）：

$$u_n = k_p(e_n + \frac{1}{T} \sum_{k=1}^n e_k T + T_d \frac{e_n - e_{n-1}}{T})$$

其中 T 是采样时间， k_p 、 T_i 、 T_d 为三个待调参数。

六、实验步骤

- 1.学习验证实验的参考程序（例程在附件中）
- 2.将例程烧录至智能车，进行验证实验
- 3.发散思维，进行设计性实验

七、注意事项

- 1.程序中必须对舵机运动范围进行限制（限制形式例程中已经给出），以免烧坏设备。
- 2.实验平台接口较为脆弱，进行硬件连接时注意不要弄坏接口。
- 3.使用下载器烧录程序时应当注意接口正反，烧录完毕后应点击 IAR 软件中的停止运行按钮再断开连接。
- 4.注意锂电池正负极接口不要接反，红线接红线，黑线接黑线；如果需要对锂电池进行充电，应使用专用充电器，同样要注意正负极不要接反。
- 5.对于验证性实验可以根据所给的程序进行验证（C 语言或汇编语言都可），按照所给要求进行硬件连接，最后观察程序运行结果。对于设计性实验，可以结合前面两个验证性实验的程序进行扩展，最终按照要求独立完成设计性实验。
6. 实验成绩=考勤（10%）+实验过程及结果（60%）+实验报告（30%）。

7. 报告雷同者，报告成绩为零分。

八、实验报告要求

实验报告中应包括以下内容：

1. 本实验所涉及工程问题描述（根据实验内容注明具体要求）
2. 实验工作原理与理论分析（根据实验内容注明具体要求）
3. 实验过程描述和实验结果分析（根据实验内容注明具体要求）
4. 实验结论（根据实验内容注明具体要求）
5. 个人体会和建议（根据实验内容注明具体要求）

实验报告模板可参照附件 1。

九、课后思考题

1. 电机 PWM 控制原理是什么。
2. 编码器作为速度反馈应不应该也建立控制模型。

十、参考资料

1. 闫琪，王江，熊小龙，朱德亚，邓飞贺，朱锐，金立编著.智能车设计“飞思卡尔杯”从入门到精通.北京航空航天大学出版社.
2. 蔡述庭主编.“飞思卡尔”杯智能汽车竞赛设计与实践--基于 S12XS 和 Kinetis K10.北京航空航天大学出版社 2016 年 6 月.
3. 潘峰，冯占英，沈允中，耿光瑞主编.全国大学生飞思卡尔智能车大赛应用详解[M].中国铁道出版社.
4. 董刚.智能小车运动控制系统研制[D].西安科技大学硕士学位论文.2009 年 4 月.
5. 黄开胜、金华民、蒋狄南著．韩国智能模型车技术方案分析．卓晴、黄开胜、邵贝贝等编．学做智能车—挑战“飞思卡尔”杯．北京：北京航空航天大学出版社 2007.

实验三 智能车舵机控制实验

一、实验目的

1. 学习舵机工作原理及 PWM 控制的编程方法。
2. 学习 simulink 的基本使用方法及其仿真方法。
3. 建立可用的舵机模型，辅助实际调试工作。

二、实验内容

1. 验证性实验

舵机控制实验：智能车由一个 SD-5 数码舵机来控制方向，实验要求使用 K60 输出 200Hz 的 PWM 波，通过控制 PWM 波占空比来控制舵机转向，并找出舵机中值（舵机转向中间位置对应占空比）和舵机运动范围（舵机转向范围所对应占空比范围）。使用示波器观察舵机的控制信号。

硬件连接：将舵机接口接到主控板的 J10 接口上，注意不要接反。

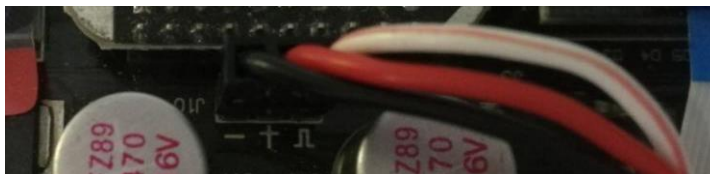


图 2.1 舵机接口

其中白色线为舵机控制线。

2. 设计性实验

使用 simulink 进行舵机仿真实验，构建舵机闭环控制模型并进行仿真和实际调试。

具体要求：

利用上位机测得的各种数据以及舵机的硬件资料求得舵机控制模型的传递函数（一阶系统或二阶系统即可），使用 PID 控制等控制方法进行仿真以及实际程序的编写。要求仿真结果与实际调试中使用的参数差距不能过大，仿真较为贴合实际而且能指导实际参数的调节工作。

仿真方法示例：

以构建舵机的一阶系统为例来介绍根据舵机实际测试数据构建仿真模型的方法：

由课程自动控制原理可知，一阶系统的闭环传递函数为：

$$\Phi(s) = \frac{1}{Ts+1}$$

需要测得的只有一个时间常数 T ，而时间常数 T 可以通过舵机的阶跃响应时间测得。参考舵机详细资料可知舵机的阶跃响应时间即舵机运动一“格”的时间 t 。这个时间因为较小所以并不好实际测得，但是可以通过双摆实验测得有限个 t 叠加后的总时间 t_1 。双摆实验流程图如下：

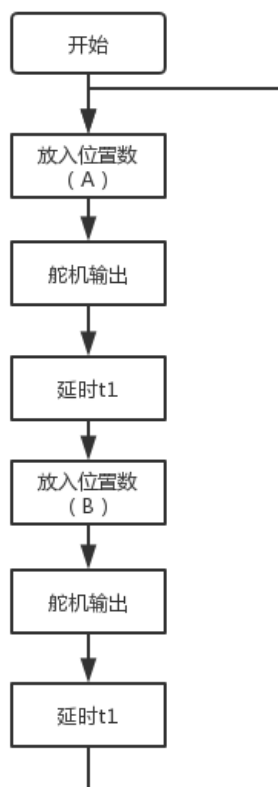


图 2.2 舵机双摆流程图

根据流程图编写程序，实际调试获得延时时间 t_1 ，即可求得舵机的一阶传递函数并进行仿真。

当然，一阶传递函数还是较为粗糙，有能力的同学可以参考位置随动系统以及直流伺服电动机的资料建立更为精确的舵机模型，力求获得最好的仿真效果以指导实际的调试工作。

舵机的详细资料在附件中可以查看。

三、实验设备

1. 计算机
2. 智能创新平台（智能车）

3. 万用表

4. 示波器

四、预习要求

1. MK60DN512 微控制器脉宽调制模块控制寄存器定义及功能。

2. 舵机基本知识。

五、实验原理

1. 数码舵机原理介绍：

数字舵机区别于传统的模拟舵机，模拟舵机需要给它不停的发送 PWM 信号，才能让它保持在规定的位置或者让它按照某个速度转动，数字舵机则只需要发送一次 PWM 信号就能保持在规定的某个位置。因此数字舵机的出现得以实现 48 路舵机控制器的实现。按照舵机的转动角度分有 180 度舵机和 360 度舵机。180 度舵机只能在 0 度到 180 度之间运动，超过这个范围，舵机就会出现超量程的故障，轻则齿轮打坏，重则烧坏舵机电路或者舵机里面的电机。360 度舵机转动的方式和普通的电机类似，可以连续的转动，不过我们只可以控制它转动的方向和速度，不能调节转动角度。

舵机的控制一般需要一个 20ms 左右的时基脉冲，该脉冲的高电平部分一般为 0.5ms~2.5ms 范围内的角度控制脉冲部分。以 180 度角度伺服为例，那么对应的控制关系是这样的：

0.5ms-----0 度；

1.0ms-----45 度；

1.5ms-----90 度；

2.0ms-----135 度；

2.5ms-----180 度；

2. 舵机系统介绍：

舵机系统由舵机控制器、直流伺服电动机、减速器、角位置传感器（反馈电位计，本实验中用电感传感器结合位置算法输出的偏移量作为反馈）等几个模块组成，舵机系统的主要部件是直流伺服电动机。在工作原理上与普通的直流电机区别不大，因此可以结合上一研究实验中的电机建模来建立直流伺服电动机的数学模型。

原理图如下：

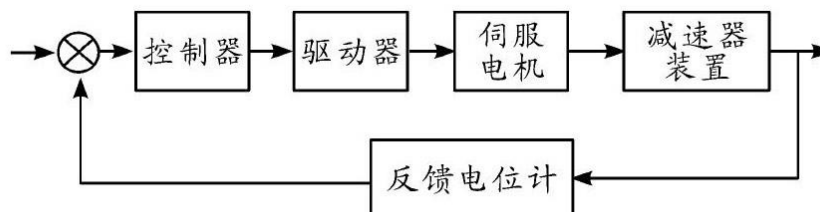


图 5.1 舵机系统原理框图

六、实验步骤

- 1.学习验证实验的参考程序（例程在附件中）
- 2.将例程烧录至智能车，进行验证实验，使用示波器观察舵机 PWM 控制信号
- 3.发散思维，进行设计性实验

七、注意事项

- 1.程序中必须对舵机运动范围进行限制（限制形式例程中已经给出），以免烧坏设备。
- 2.实验平台接口较为脆弱，进行硬件连接时注意不要弄坏接口。
- 3.使用下载器烧录程序时应当注意连接口正反，烧录完毕后应点击 IAR 软件中的停止运行按钮再断开连接。
- 4.注意锂电池正负极接口不要接反，红线接红线，黑线接黑线；如果需要对锂电池进行充电，应使用专用充电器，同样要注意正负极不要接反。
- 5.对于验证性实验可以根据所给的程序进行验证（C 语言或汇编语言都可），按照所给要求进行硬件连接，最后观察程序运行结果。对于设计性实验，可以结合前面两个验证性实验的程序进行扩展，最终按照要求独立完成设计性实验。
6. 实验成绩=考勤（10%）+实验过程及结果（60%）+实验报告（30%）。
7. 报告雷同者，报告成绩为零分。

八、实验报告要求

实验报告中应包括以下内容：

1. 本实验所涉及工程问题描述（根据实验内容注明具体要求）

2. 实验工作原理与理论分析（根据实验内容注明具体要求）
3. 实验过程描述和实验结果分析（根据实验内容注明具体要求）
4. 实验结论（根据实验内容注明具体要求）
5. 个人体会和建议（根据实验内容注明具体要求）

实验报告模板可参照附件 1。

九、课后思考题

1. 舵机控制与电机控制应该如何结合才能取得较好的过弯效果。
2. 舵机控制与电机控制都是用 FTM 模块产生 PWM 波控制，有何区别。

十、参考资料

1. 闫琪，王江，熊小龙，朱德亚，邓飞贺，朱锐，金立编著.智能车设计“飞思卡尔杯”从入门到精通.北京航空航天大学出版社.
2. 蔡述庭主编.“飞思卡尔”杯智能汽车竞赛设计与实践--基于 S12XS 和 Kinetis K10.北京航空航天大学出版社 2016 年 6 月.
3. 潘峰，冯占英，沈允中，耿光瑞主编.全国大学生飞思卡尔智能车大赛应用详解[M].中国铁道出版社.
4. 董刚.智能小车运动控制系统研制[D].西安科技大学硕士论文.2009 年 4 月.
5. 黄开胜、金华民、蒋狄南著．韩国智能模型车技术方案分析．卓晴、黄开胜、邵贝贝等编．学做智能车—挑战“飞思卡尔”杯．北京：北京航空航天大学出版社 2007.

实验四 OV7725 摄像头采集与图像处理实验

一、实验目的

1. 学习单片机 DMA 数据搬运原理和采集方法。
2. 学习 OV7725 采集原理和采集方法。
3. 学习 MK60DN512 微控制器 IO 中断模块
4. 学习 MK60DN512 微控制器 SCI 串口通信
5. 学习 MK60DN512 微控制器 DMA 模块

二、实验内容

1. 验证性实验

熟悉摄像头采集原理。使用 OV7725 摄像头采集整幅图像，使用 WiFi 模块将图像信息发送到上位机显示。

有关说明：

所谓 DMA 就是直接内存存取 (Direct Memory Access), 是计算机科学中的一种内存访问技术。和轮询方式、中断方式不同的是, DMA 是通过 DMA 控制器接管数据和地址总线, 根据事先设定好的源地址和目的地址, 以及传送的字节数, 将数据自动传送到指定的位置, 而不需要 CPU 的介入, 从而 CPU 的负担大大减轻。如果 CPU 正在执行指令, DMA 控制利用空闲的地址和数据总线完成数据传送, 某种程度上说, CPU 运算和数据传送是在并行进行的。

在 Kinetis 芯片中, 很多模块都可以请求 DMA 模块进行数据传送。所谓 DMA 源, 也就是 DMA 传送请求是谁发出的。毕设项目中采用的 K60DN512ZVLQ10 芯片共有 63 个 DMA 源。在摄像头的图像提取过程中, 每秒要采集大约 60 场图像, 每场图像像素为 320*240, 图像信息传送必须使用 DMA 功能进行搬运以减轻 CPU 工作量, 提高图像处理效率。

硬件连线: 将摄像头接线与主控板 J3 接口相连, 其它连线与之前实验相同。



图 2.1 摄像头接口

2. 设计性实验。

实验要求： 将智能车静置于赛道或者模拟赛道上，通过摄像头采集赛道信息，调整摄像头俯仰和左右角度，尽可能使摄像头中心对准赛道中心线。编写赛道信息提取算法，处理原始图像或者处理二值化之后的图像，提取左右黑线位置信息通过串口发送至上位机查看。设计可以识别赛道起跑线的算法。

硬件连接：

与之前实验相同。

有关说明：

赛道信息摄像头采集完毕后，图像存放在一个二维数组之中。这就形成了一个二维的坐标系，数组中每个元素都是一副图像中的像素，每个二维数组元素的标号就相当于坐标系的行坐标和列坐标。提取过程就是在这个坐标系中，提取左右边界的坐标并计算出舵机打角的值。要做到这一点，首先就是必须准确无误的提取到每行的正确的边界。

至于提取边界的方法，一种是阈值法即设定黑白阈值，把提取到的灰度数据和阈值比较判断黑白，并找到黑白的边界点。另一种方法是差值法，通过相邻点做差，或隔点做差，或者相邻若干点的平均值做差的方法来判断。一旦差值大于设定的黑白跳变值，则根据差值为正还是为负判断边沿的种类。阈值法的缺点就是对环境光的适应能力差，如果环境光较强，黑色和白色的灰度值都会增加，如果阈值设置不合适，则容易造成误判。而差值法恰好克服了这一点，但缺点就是比阈值法复杂。

二值化算法的思路是：设定一个阈值 **valve**，对于视频信号矩阵中的每一行，从左至右比较各像素值和阈值的大小，若像素值大于或等于阈值，则判定该像素对应的是白色赛道；反之，则判定对应的是黑色的目标引导线。记下第一次和最后一次出现像素值小于阈值时的像素点的列号，算出两者的平均值，以此作为该行上目标引导线的位置。

置。

二值化简单理解就是以—个值为基准，大于（等于）这个值的数全部变为是 1（或者 0），小于等于这个数的就全部将他们变为 0（或 1）。

硬件连接：硬件连接与验证性实验的第一个实验的连线相同。

三、实验设备

- 1.计算机
- 2.智能创新平台（智能车）
- 3.万用表
- 4.示波器
- 5.OV7725 摄像头

四、预习要求

- 1.预习 MK60DN512 微控制器 IO 中断寄存器
- 2.预习 OV7725 摄像头模块原理
- 3.预习 MK60DN512 微控制器 SCI 串口寄存器
- 4.预习 MK60DN512 微控制器 DMA 寄存器

五、实验原理

OV7725 摄像头采集原理：

采集图像思路：

1.使用for 循环延时采集

- ①需要采集图像时，开场中断
- ②场中断来了就开启行中断，关闭场中断
- ③行中断里用for 循环延时采集像素，可以在行中断里添加标志位，部分行不采集，即可跨行采集。
- ④行中断次数等于图像行数时即可关闭行中断，标志图像采集完毕。

2.使用场中断和行中断，DMA 传输

- ①需要采集图像时，开场中断
- ②场中断来了，开行中断和初始化DMA 传输

③行中断来了就设置DMA 地址，启动DMA 传输。如果先过滤部分行不采集，则设置一个静态变量，每次行中断来了都自加1，根据值来选择采集或不采集某些行。

④每个PCLK 上升沿来了都触发DMA 传输，把摄像头输出的值读取到内存数组里。当触发n 次（n=图像列数目）后就停止DMA 传输。

⑤行中断次数等于一幅图像的行数，或者等待下一个场中断来临 就结束图像采集，关闭行中断和场中断。

3.使用场中断，DMA 传输

①需要采集图像时，开场中断

②场中断来了，初始化DMA传输，并启动DMA传输

③每个PCLK上升沿来了都触发DMA传输，把摄像头输出的值读取到内存数组里。当触发n次（n=图像像素数目）后就停止DMA传输。

④DMA停止传输时触发中断，中断里关闭场中断，图像采集完毕。

或者等待下一个场中断来临才关闭场中断，标记图像采集完毕

摄像头详细资料见附件。

六、实验步骤

1.学习验证实验 1 的参考程序（例程在附录中）

2.连接硬件，进行验证实验

3.自行判断二值化阈值（动态静态均可），进行设计性实验

七、注意事项

1.不准直接接触摄像头镜头，以免划伤镜头。

2.实验平台接口较为脆弱，进行硬件连接时注意不要弄坏接口。

3.使用下载器烧录程序时应当注意接口正反，烧录完毕后应点击 IAR 软件中的停止运行按钮再断开连接。

4.注意锂电池正负极接口不要接反，红线接红线，黑线接黑线；如果需要对锂电池进行充电，应使用专用充电器，同样要注意正负极不要接反。

5. 对于验证性实验可以根据所给的程序进行验证（C 语言或汇编语言都可），按照所给要求进行硬件连接，最后观察程序运行结果。对于设计性实验，可以结合前面两个

验证性实验的程序进行扩展，最终按照要求独立完成设计性实验。

6. 实验成绩=考勤（10%）+实验过程及结果（60%）+实验报告（30%）。
7. 报告雷同者，报告成绩为零分。

八、实验报告要求

实验报告中应包括以下内容：

1. 本实验所涉及工程问题描述（根据实验内容注明具体要求）
2. 实验工作原理与理论分析（根据实验内容注明具体要求）
3. 实验过程描述和实验结果分析（根据实验内容注明具体要求）
4. 实验结论（根据实验内容注明具体要求）
5. 个人体会和建议（根据实验内容注明具体要求）

实验报告模板可参照附件 1。

九、课后思考题

1. 如何调整采集图像左右边限是图像中心居中（对齐车身中线）。
2. 摄像头采集的数据应该如何作为舵机的反馈来控制舵机的动作。

十、参考资料

1. 闫琪，王江，熊小龙，朱德亚，邓飞贺，朱锐，金立编著.智能车设计“飞思卡尔杯”从入门到精通.北京航空航天大学出版社.
2. 蔡述庭主编.“飞思卡尔”杯智能汽车竞赛设计与实践--基于 S12XS 和 Kinetis K10.北京航空航天大学出版社 2016 年 6 月.
3. 潘峰，冯占英，沈允中，耿光瑞主编.全国大学生飞思卡尔智能车大赛应用详解[M].中国铁道出版社.
4. 董刚.智能小车运动控制系统研制[D].西安科技大学硕士学位论文.2009 年 4 月.
5. 黄开胜、金华民、蒋狄南著．韩国智能模型车技术方案分析．卓晴、黄开胜、邵贝贝等编．学做智能车—挑战“飞思卡尔”杯．北京：北京航空航天大学出版社 2007.

实验五 整车控制实验（1）

一、实验目的

1. 学习结合图像处理控制舵机电机达到控制智能车效果。
2. 通过实验了解智能车整体控制系统。

二、实验内容

1. 摄像头与舵机联动实验

实验要求：

软件编写：编写软件代码，实现赛道中心线位置提取，根据赛道中心线位置计算舵机 PWM 值。完成软件编写和烧写等工作，利用上位机或者 OLED 屏幕来调试程序，在实际赛道上运行程序，检测舵机能否根据位置改变方向。

有关说明：控制转向，简言之就是控制舵机打角的变化，现在通常是用 PD 算法计算和控制舵机的转向值，P 是比例，D 是微分，通过调节 P 值的大小可以改变系统的响应速度，D 值可以对转向值的调节进行适当的修正。

当图像数据采集结束后，像素信息存储在二维数组中。默认小车正处于赛道正中，所以从图像数据底端（靠近小车前方）有效数据行开始提取信息，从图像信息中间向两侧提取，依次向两侧加减计数判断是否为黑线跳变沿，当检测到两侧跳变沿时，将此时的列数（也就是横坐标）提取出来存放在左右黑线位置数组中。当本行数据处理结束之后，依次向上处理图像各列，以上一行提取的中线位置为起始点向两侧依次计数提取数据。直线阶段，中线位置计算为两侧黑线位置求中值即为该行的中线位置，将中线位置与图像中点相比较即可判断小车位置是否发生偏差，若提取到的中线偏向图像右侧则说明小车位置偏向赛道左侧。

硬件连接：与前几次实验相同。

2. 整车联调实验

实验要求：

软件编写：编写软件代码，使智能车能够在不压边线的情况下完整的跑完赛道全程（至少稳定运行一圈），最终成绩按照跑完一圈的速度来判定。将之前完成的电机与舵

机仿真模型建立联系（例如弯道减速直道加速），进行整车的仿真工作。

三、实验设备

1. 计算机
2. 智能创新平台（智能车）
3. 万用表

四、预习要求

- 1.智能车各个模块驱动程序
- 2.MK60 微处理器的 AD、SCI、IO、PWM 模块
- 3.PID 算法预习

五、实验原理

- 1.采集黑线位置 AD 值，设计算法提取黑线位置
- 2.采集车速，使用 PID 计算 PWM 控制电机驱动力输出
- 3.使用 MAP 值，简单根据黑线位置设计舵机 PWM 值

六、实验步骤

1. 自行编写代码，完成验证性实验和设计性实验。
2. 可使用上位机软件帮助修改参数，达到最好效果，每组有四次计时机会，取成绩最好的一次计入总成绩。

七、注意事项

- 1.实验平台接口较为脆弱，进行硬件连接时注意不要弄坏接口。
- 2.使用下载器烧录程序时应当注意接口正反，烧录完毕后应点击 IAR 软件中的停止运行按钮再断开连接。
- 3.注意锂电池正负极接口不要接反，红线接红线，黑线接黑线；如果需要对锂电池进行充电，应使用专用充电器，同样要注意正负极不要接反。
4. 对于验证性实验可以根据所给的程序进行验证（C 语言或汇编语言都可），按照所给要求进行硬件连接，最后观察程序运行结果。对于设计性实验，可以结合前面两个验证性实验的程序进行扩展，最终按照要求独立完成设计性实验。

5. 实验成绩=考勤（10%）+实验过程及结果（60%）+实验报告（30%）。
6. 报告雷同者，报告成绩为零分。

八、实验报告要求

实验报告中应包括以下内容：

1. 本实验所涉及工程问题描述（根据实验内容注明具体要求）
2. 实验工作原理与理论分析（根据实验内容注明具体要求）
3. 实验过程描述和实验结果分析（根据实验内容注明具体要求）
4. 实验结论（根据实验内容注明具体要求）
5. 个人体会和建议（根据实验内容注明具体要求）

实验报告模板可参照附件 1。

九、课后思考题

1. 赛道信息处理也就是边线位置信息提取使用阈值法和跳变沿法提取各有什么优缺点？
2. 智能车循迹时如何设置前瞻量？与那些因素有关？
3. 赛道信息提取完成后是否需要处理所有像素点？

十、参考资料

1. 闫琪，王江，熊小龙，朱德亚，邓飞贺，朱锐，金立编著.智能车设计“飞思卡尔杯”从入门到精通.北京航空航天大学出版社.
2. 蔡述庭主编.“飞思卡尔”杯智能汽车竞赛设计与实践--基于 S12XS 和 Kinetis K10.北京航空航天大学出版社 2016 年 6 月.
3. 潘峰，冯占英，沈允中，耿光瑞主编.全国大学生飞思卡尔智能车大赛应用详解[M].中国铁道出版社.
4. 董刚.智能小车运动控制系统研制[D].西安科技大学硕士论文.2009 年 4 月.
5. 黄开胜、金华民、蒋狄南著．韩国智能模型车技术方案分析．卓晴、黄开胜、邵贝贝等编．学做智能车—挑战“飞思卡尔”杯．北京：北京航空航天大学出版社 2007.

实验六 整车控制实验（2）

一、实验目的

1. 学习结合图像处理控制舵机电机达到控制智能车效果。
2. 通过实验了解智能车整体控制系统。

二、实验内容

1.摄像头与电机联动实验

实验要求：

软件编写：编写软件代码，实现赛道中心线位置提取，判断弯道大小并据此改变电机的速度。判断起跑线位置，在跑完一圈后再经过起跑线后一米内停车。完成软件编写和烧写等工作，在实际赛道上运行程序，检测电机能否实现减速过弯、直道加速等功能。

2.整车联调实验

实验要求：

软件编写：编写软件代码，使智能车能够在不压边线的情况下完整的跑完赛道全程（至少稳定运行一圈），最终成绩按照跑完一圈的速度来判定。将之前完成的电机与舵机仿真模型建立联系（例如弯道减速直道加速），进行整车的仿真工作。

三、实验设备

1. 计算机
2. 智能创新平台（智能车）
3. 万用表

四、预习要求

- 1.智能车各个模块驱动程序
- 2.MK60 微处理器的 AD、SCI、IO、PWM 模块
- 3.PID 算法预习

五、实验原理

- 1.采集黑线位置 AD 值，设计算法提取黑线位置
- 2.采集车速，使用 PID 计算 PWM 控制电机驱动力输出
- 3.使用 MAP 值，简单根据黑线位置设计舵机 PWM 值

六、实验步骤

3. 自行编写代码，完成验证性实验和设计性实验。
4. 可使用上位机软件帮助修改参数，达到最好效果，每组有四次计时机会，取成绩最好的一次计入总成绩。

七、注意事项

- 1.实验平台接口较为脆弱，进行硬件连接时注意不要弄坏接口。
- 2.使用下载器烧录程序时应当注意接口正反，烧录完毕后应点击 IAR 软件中的停止运行按钮再断开连接。
- 3.注意锂电池正负极接口不要接反，红线接红线，黑线接黑线；如果需要对锂电池进行充电，应使用专用充电器，同样要注意正负极不要接反。
4. 对于验证性实验可以根据所给的程序进行验证（C 语言或汇编语言都可），按照所给要求进行硬件连接，最后观察程序运行结果。对于设计性实验，可以结合前面两个验证性实验的程序进行扩展，最终按照要求独立完成设计性实验。
5. 实验成绩=考勤（10%）+实验过程及结果（60%）+实验报告（30%）。
6. 报告雷同者，报告成绩为零分。

八、实验报告要求

实验报告中应包括以下内容：

- 1.本实验所涉及工程问题描述（根据实验内容注明具体要求）
- 2.实验工作原理与理论分析（根据实验内容注明具体要求）
- 3.实验过程描述和实验结果分析（根据实验内容注明具体要求）
- 4.实验结论（根据实验内容注明具体要求）
- 5.个人体会和建议（根据实验内容注明具体要求）

实验报告模板可参照附件 1。

九、课后思考题

- 1.赛道信息处理也就是边线位置信息提取使用阈值法和跳变沿法提取各有什么优缺点？
- 2.智能车循迹时如何设置前瞻量？与那些因素有关？
- 3.赛道信息提取完成后是否需要处理所有像素点？

十、参考资料

- 1.闫琪，王江，熊小龙，朱德亚，邓飞贺，朱锐，金立编著.智能车设计“飞思卡尔杯”从入门到精通.北京航空航天大学出版社.
- 2.蔡述庭主编.“飞思卡尔”杯智能汽车竞赛设计与实践--基于 S12XS 和 Kinetis K10.北京航空航天大学出版社 2016 年 6 月.
- 3.潘峰，冯占英，沈允中，耿光瑞主编.全国大学生飞思卡尔智能车大赛应用详解[M].中国铁道出版社.
- 4.董刚.智能小车运动控制系统研制[D].西安科技大学硕士论文.2009 年 4 月.
- 5.黄开胜、金华民、蒋狄南著．韩国智能模型车技术方案分析．卓晴、黄开胜、邵贝贝等编．学做智能车—挑战“飞思卡尔”杯．北京：北京航空航天大学出版社 2007.

实验七 整车控制实验（3）

一、实验目的

1. 学习结合图像处理控制舵机电机达到控制智能车效果。
2. 通过实验了解智能车整体控制系统。

二、实验内容

1. 整车联调实验

实验要求：

软件编写：编写软件代码，使智能车能够在不压边线的情况下完整的跑完赛道全程（至少稳定运行一圈），最终成绩按照跑完一圈的速度来判定。将之前完成的电机与舵机仿真模型建立联系（例如弯道减速直道加速），进行整车的仿真工作。

2. 上位机应用实验

实验要求：

软件编写：结合之前实验应用到上位机软件的部分编写代码，筛选智能车运行过程中有用的信息（如速度、实时偏移量）等发送到上位机或者 OLED 屏幕进行显示，并借此帮助调节智能车。

三、实验设备

1. 计算机
2. 智能创新平台（智能车）
3. 万用表

四、预习要求

1. 智能车各个模块驱动程序
2. MK60 微处理器的 AD、SCI、IO、PWM 模块
3. PID 算法预习

五、实验原理

- 1.采集黑线位置 AD 值，设计算法提取黑线位置
- 2.采集车速，使用 PID 计算 PWM 控制电机驱动力输出
- 3.使用 MAP 值，简单根据黑线位置设计舵机 PWM 值

六、实验步骤

5. 自行编写代码，完成验证性实验和设计性实验。
6. 可使用上位机软件帮助修改参数，达到最好效果，每组有四次计时机会，取成绩最好的一次计入总成绩。

七、注意事项

- 1.实验平台接口较为脆弱，进行硬件连接时注意不要弄坏接口。
- 2.使用下载器烧录程序时应当注意接口正反，烧录完毕后应点击 IAR 软件中的停止运行按钮再断开连接。
- 3.注意锂电池正负极接口不要接反，红线接红线，黑线接黑线；如果需要对锂电池进行充电，应使用专用充电器，同样要注意正负极不要接反。
4. 对于验证性实验可以根据所给的程序进行验证（C 语言或汇编语言都可），按照所给要求进行硬件连接，最后观察程序运行结果。对于设计性实验，可以结合前面两个验证性实验的程序进行扩展，最终按照要求独立完成设计性实验。
5. 实验成绩=考勤（10%）+实验过程及结果（60%）+实验报告（30%）。
6. 报告雷同者，报告成绩为零分。

八、实验报告要求

实验报告中应包括以下内容：

- 1.本实验所涉及工程问题描述（根据实验内容注明具体要求）
- 2.实验工作原理与理论分析（根据实验内容注明具体要求）
- 3.实验过程描述和实验结果分析（根据实验内容注明具体要求）
- 4.实验结论（根据实验内容注明具体要求）
- 5.个人体会和建议（根据实验内容注明具体要求）

实验报告模板可参照附件 1。

九、课后思考题

-
- 1.赛道信息处理也就是边线位置信息提取使用阈值法和跳变沿法提取各有什么优缺点?
 - 2.智能车循迹时如何设置前瞻量? 与那些因素有关?
 - 3.赛道信息提取完成后是否需要处理所有像素点?

十、参考资料

- 1.闫琪,王江,熊小龙,朱德亚,邓飞贺,朱锐,金立编著.智能车设计“飞思卡尔杯”从入门到精通.北京航空航天大学出版社.
- 2.蔡述庭主编.“飞思卡尔”杯智能汽车竞赛设计与实践--基于 S12XS 和 Kinetis K10.北京航空航天大学出版社 2016 年 6 月.
- 3.潘峰,冯占英,沈允中,耿光瑞主编.全国大学生飞思卡尔智能车大赛应用详解[M].中国铁道出版社.
- 4.董刚.智能小车运动控制系统研制[D].西安科技大学硕士论文.2009 年 4 月.
- 5.黄开胜、金华民、蒋狄南著. 韩国智能模型车技术方案分析. 卓晴、黄开胜、邵贝贝等编. 学做智能车—挑战“飞思卡尔”杯. 北京: 北京航空航天大学出版社 2007.

实验八 分组结课报告

一、实验目的

- 1.整合分析智能车实验学习内容
- 2.加深对智能车实验的理解

二、实验内容

分组汇报实验成果

实验要求：在完成实验的基础上深化对智能车控制的理解并进行成果汇报，制作 PPT 并进行演讲。要求如下：

- (1) 明确分工并写入 PPT 和实验报告，演讲时组内所有成员分别汇报自己完成的部分。
- (2) 原理部分可以略讲，主要讲述各模块和整体所用的控制方法。
- (3) 展示自己搭建的仿真模型（可截图展示）。
- (4) 提出对于计算机测控实验的意见和建议。

三、实验设备

1. 计算机
2. 大屏幕

四、预习要求

- 1.提前准备好讲稿和 PPT
- 2.掌握自己所负责部分的知识

五、实验原理

无

六、实验步骤

各组按顺序演讲（小组顺序即为智能车编号，从小到大依次演讲）。

七、注意事项

- 1.实验平台接口较为脆弱，进行硬件连接时注意不要弄坏接口。
- 2.使用下载器烧录程序时应当注意接口正反，烧录完毕后应点击 IAR 软件中的停止运行按钮再断开连接。
- 3.注意锂电池正负极接口不要接反，红线接红线，黑线接黑线；如果需要对锂电池进行充电，应使用专用充电器，同样要注意正负极不要接反。
4. 对于验证性实验可以根据所给的程序进行验证（C 语言或汇编语言都可），按照所给要求进行硬件连接，最后观察程序运行结果。对于设计性实验，可以结合前面两个验证性实验的程序进行扩展，最终按照要求独立完成设计性实验。
5. 实验成绩=考勤（10%）+实验过程及结果（60%）+实验报告（30%）。
6. 报告雷同者，报告成绩为零分。

八、实验报告要求

实验报告中应包括以下内容：

- 1.本实验所涉及工程问题描述（根据实验内容注明具体要求）
- 2.实验工作原理与理论分析（根据实验内容注明具体要求）
- 3.实验过程描述和实验结果分析（根据实验内容注明具体要求）
- 4.实验结论（根据实验内容注明具体要求）
- 5.个人体会和建议（根据实验内容注明具体要求）

实验报告模板可参照附件 1。

九、课后思考题

无

十、参考资料

- 1.闫琪，王江，熊小龙，朱德亚，邓飞贺，朱锐，金立编著.智能车设计“飞思卡尔杯”从入门到精通.北京航空航天大学出版社.
- 2.蔡述庭主编.“飞思卡尔”杯智能汽车竞赛设计与实践--基于 S12XS 和 Kinetis K10.北京航空航天大学出版社 2016 年 6 月.
- 3.潘峰，冯占英，沈允中，耿光瑞主编.全国大学生飞思卡尔智能车大赛应用详解[M].中国铁道出版社.

- 4.董刚.智能小车运动控制系统研制[D].西安科技大学硕士论文.2009 年 4 月.
- 5.黄开胜、金华民、蒋狄南著. 韩国智能模型车技术方案分析. 卓晴、黄开胜、邵贝贝等编. 学做智能车——挑战“飞思卡尔”杯. 北京: 北京航空航天大学出版社 2007.

附件 1 实验报告模板



成 绩

北京航空航天大学
BEIHANG UNIVERSITY

实验报告

院（系）名称	自动化科学与电气工程学院
专 业 名 称	自动化
学 生 学 号	XXXX
学 生 姓 名	XXXX
指 导 教 师	XXXX

2019 年 4 月

实验一 *****

(三号，黑体；居中；单倍行距；段前、段后各 0.5 行)

实验时间_____ 实验编号_____ 同组同学_____

(“实验编号”填写实验所用计算机编号；若有同组实验同学，需在“同组同学”处填写其姓名，没有则填无)

一、实验背景 (四号黑体；左对齐；单倍行距；段前、段后 0.5 行)

1. 描述实验所涉及的工程问题。
2. 小四号，宋体，英文及字母 Times New Roman 体；首行缩进 2 字符；两端对齐；1.5 倍行距。

二、实验原理

1. 分析实验的工作原理。
2. 小四号，宋体，英文及字母 Times New Roman 体；首行缩进 2 字符；两端对齐；1.5 倍行距。

三、实验过程与结果

1. 写清实验步骤、所用实验方法与得到的实验结果。
2. 小四号，宋体，英文及字母 Times New Roman 体；首行缩进 2 字符；两端对齐；1.5 倍行距。

四、结果分析与实验结论

1. 对实验所得结果进行数据分析处理，推导、总结实验结论。
2. 小四号，宋体，英文及字母 Times New Roman 体；首行缩进 2 字符；两端对齐；1.5 倍行距。

五、收获、体会及建议

1. 总结实验收获与个人体会；欢迎同学提出改善实验课程的建议。
2. 小四号，宋体，英文及字母 Times New Roman 体；首行缩进 2 字符；两端对齐；1.5 倍行距。

注意：括号（）内为说明事项，最终实验报告中须删除！