

第七届“飞思卡尔”杯全国大学生 智能汽车竞赛

技 术 报 告



学 校：浙江海洋学院

队伍名称： 闪耀队

参赛队员： 赵俊耀

 周恩旗

 金华园

带队教师： 赵秋亮

 谢应孝

关于技术报告和研究论文使用授权的说明

本人完全了解第七届“飞思卡尔”杯全国大学生智能汽车邀请赛关保留、使用技术报告和研究论文的规定，即：参赛作品著作权归参赛者本人，比赛组委会和飞思卡尔半导体公司可以在相关主页上收录并公开参赛作品的设计方案、技术报告以及参赛模型车的视频、图像资料，并将相关内容编纂收录在组委会出版论文集中。

参赛队员签名：_____

带队教师签名：_____

日 期：_____

摘 要

本文详细介绍了“闪耀”队为七届 Freescale 智能汽车大赛而设计的智能车系统方案，文中分别对系统规划、硬件设计、软件开发、机械改造，以及系统调试等内容进行阐述。

本系统以 K60 单片机作为控制核心，采用 CCD 摄像头采集赛道信息，根据采集到的数据分析运行路径以及检测起跑线。通过编码器反馈实时速度，运用 PID 算法对赛车控制舵机角度和直流电机的转速，实现了对运动方向和运动速度闭环控制，增强稳定性与瞬时提速性能。经过大量实验和调试，表明该系统方案确实可行。

关键词：Freescale；智能车；K60；PID；CCD

ABSTRACT

In this report, intelligent car system scheme for the seventh The Freescale cup intelligent car racing designed by "shanyao" is introduced. We demonstrate the system scheme, hardware design, software development, mechanical reconstruction, and system debug and so on.

The chip K60 is micro-controller, in this paper, we use CCD camera obtaining circuit information to analyse circuit and detect the starting line. PID control method is used to adjust direction of steering electromotor and rotate speed of driving electromotor by encoder feedback real-time speed, which achieve the closed-loop control for the speed and direction, strengthen stability and Instantaneous speed. The result indicate that our design scheme of the intellegent car system is feasible, after anlysis and debugging.

Keyword: Freescale, Intelligent car, K60, PID, CCD

目录

第一章 引言	1
1.1 智能车竞赛背景	1
1.2 智能车竞赛规则	1
1.3 文本章节安排.....	4
第二章 系统总体规划	5
2.1 系统概述	5
2.2 系统方案总体设计	5
2.3 系统结构框图.....	6
第三章 机械结构设计	7
3.1 智能车参数要求	7
3.2 智能车实际机械参数	7
3.3 舵机的安装	8
3.4 传动系统的调校	9
3.5 光电编码器的选择与安装	9
3.6 摄像头的选择与安装	10
3.7 前轮调整	11
3.8 轮胎的选用及保养	11
3.10 本章小结	12
第四章 硬件系统设计	13
4.1 单片机最小系统	13
4.2 电机驱动模块	13
4.3 电源处理模块	14
4.4 图像处理模块	16
4.5 调试模块	18
4.6 硬件整体效果	18
4.7 本章小结	19
第五章 系统软件设计	20
5.1 软件系统概述	20
5.2 黑线的提取	20
5.3 路径选择	22
5.4 PID速度控制	24
第六章 开发平台介绍	26
6.1 IAR EMBEDDED WORKBENCH IDE简介	26
6.2 IAR EMBEDDED WORKBENCH的功能及特点	26

6.3 硬件开发平台ALTIUM DESIGNER.....	29
第七章 参赛总结及参数统计.....	31
7.1 参赛总结.....	31
7.2 参数统计.....	32
本智能车系统的实际尺寸及各个相关参数，符合飞思卡尔大赛组委会的相关参数规定，相关具体技术参数如表 7.1 所示。	32
致 谢.....	33
参考文献.....	34
附 录：源程序.....	I

第一章 引言

全国大学生“飞思卡尔”杯智能汽车竞赛是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。

1.1 智能车竞赛背景

全国大学生智能车大赛是以智能汽车为研究对象的创意性科技竞赛，是面向全国大学生的一种具有探索性工程实践活动，是教育部倡导的大学生科技竞赛之一。该竞赛以“立足培养，重在参与，鼓励探索，追求卓越”为指导思想，旨在促进高等学校素质教育，培养大学生的综合知识运用能力、基本工程实践能力和创新意识，激发大学生从事科学研究与探索的兴趣和潜能，倡导理论联系实际、求真务实的学风和团队协作的人文精神，为优秀人才的脱颖而出创造条件。

全国大学生“飞思卡尔”杯智能汽车竞赛由竞赛秘书处设计、规范标准硬软件技术平台，竞赛过程包括理论设计、实际制作、整车调试、现场比赛等环节，要求学生组成团队，协同工作，初步体会一个工程性的研究开发项目从设计到实现的全过程。该竞赛融科学性、趣味性和观赏性为一体，且规则透明，评价标准客观，坚持公开、公平、公正的原则，力求向健康、普及、持续的方向发展。自 2008 年起被教育部批准列入国家教学质量与教学改革工程资助项目中科技人文竞赛之一。

1.2 智能车竞赛规则

参赛选手须使用竞赛秘书处统一指定的竞赛车模套件，其中摄像头组使用的是东莞市博思电子数码科技有限公司生产的 A 型车模，并且采用飞思卡尔半导体公司的 8 位、16 位、32 位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等。

竞赛秘书处制定如下比赛规则适用于各分（省）赛区预赛以及全国总决赛，在实际可操作性基础上力求公正与公平。

1. 本届智能车竞赛摄像头组车辆主要相关规定：

- (1) 须采用统一指定的车模，其中摄像头组使用的是由东莞市博思电子数码科技有限公司生产的 A 型车模；
- (2) 必须采用飞思卡尔半导体公司的 8 位、16 位、32 位处理器(单核)作为唯一的微控制器；
- (3) 如果损毁车模中禁止改动的部件，需要使用相同型号的部件替换；
- (4) 车模改装完毕后，尺寸不能超过：250mm 宽和 400mm 长；
- (5) 禁止使用 DC-DC 升压电路直接为驱动电机以及舵机提供动力；
- (6) 全部电容容量和不得超过 2000 微法；电容最高充电电压不得超过 25 伏；
- (7) 本竞赛智能车中，除单片机最小系统的核心子板、加速度计和陀螺仪集成电路板、摄像头、舵机自身内置电路外，所有电路均要求为自行设计制作，禁止购买现成的功能模块。如果自制电路采用 PCB 印制电路板，必须在铜层（TopLayer 或 BottomLayer）醒目位置放置本参赛队伍所在学校名称、队伍名称、参赛年份，对于非常小的电路板可以使用名称缩写，名称在车模技术检查时直接可见。

2. 本届智能车竞赛摄像头组赛道主要相关规定：

- (1) 赛道路面用专用白色 KT 基板制作，在初赛阶段时，跑道所占面积在 5×7m 左右，决赛阶段时跑道面积可以增大；
- (2) 赛道宽度不小于 45cm。赛道与赛道的中心线之间的距离不小于 60cm；
- (3) 铺设赛道地板颜色不作要求，它和赛道之间可以但不一定有颜色差别；
- (4) 跑道表面为白色，赛道两边有黑色线，黑线宽 25mm±5，沿着赛道边缘粘贴；

- (5) 跑道最小曲率半径不小于 50cm;
- (6) 跑道可以交叉, 交叉角为 90° ;
- (7) 摄像头组的赛道直线部分可以有坡度在 15° 之内的坡面道路, 包括上坡与下坡道路;
- (8) 赛道有一个长为 1m 的出发区, 如下图所示, 计时起始点两边分别有一个长度 10cm 白色计时起始线, 赛车前端通过起始线作为比赛计时开始或者结束时刻;

3. 比赛犯规与失败规则

比赛过程中, 由比赛现场裁判根据统一的规则对于赛车是否冲出跑道进裁定。赛车前两次冲出跑道时, 由裁判员取出赛车交给比赛队员, 立即在起跑区重新开始比赛。选手也可以在赛车冲出跑道后放弃比赛。

比赛过程中出现下面的情况, 算作模型车冲出跑道一次。

- 裁判点名后, 30 秒之内, 参赛队没有能够进入比赛场地并做好比赛准备;
- 比赛开始后, 赛车在 30 秒之内没有离开出发区;
- 赛车在离开出发区之后 60 秒之内没有跑完一圈;

比赛过程中如果出现有如下一情况, 判为比赛失败:

- 赛车冲出跑道的次数超过两次;
- 比赛开始后未经裁判允许, 选手接触赛车;
- 决赛后, 赛车没有通过现场技术检验。

如果比赛失败, 则不计成绩。

4. 比赛禁止事项

- 不允许在赛车之外安装辅助照明设备及其它辅助传感器等;
- 选手进入比赛场地后, 除了可以更换电池之外, 不允许进行任何硬件和软件的修改。但是可以手工改动电路板上的拨码开关或者电位器等;
- 比赛场地内, 除了裁判与 1 名队员之外, 不允许任何其他人员进入场地;
- 不允许其它干扰赛车运动的行为;

- 不允许赛车的任何传感器或者部件损毁跑道；
- 不允许车模设计方案抄袭，各个参赛队伍所设计的硬软件需要相互之间有明显的不同。

1.3文本章节安排

本技术报告主要分为以下几个章节：

- 引言：详细介绍了本智能车研究背景 and 智能车大赛规则判定。
- 第二章 系统总体规划：主要介绍了本智能车系统的总体概况。
- 第三章 机械结构设计：详细介绍了本智能车各机械部分的结构设计。
- 第四章 硬件系统设计：详细说明了本智能车各个部分硬件电路设计。
- 第五章 系统软件设计：详细介绍了本智能车算法设计和软件设计。
- 第六章 开发平台介绍：主要介绍了本智能车软件开发平台 IAR
- 第七章 参赛总结及参数统计：主要讲述了智能车制作心得和本智能小车存在的缺点和值得改进的地方；详细说明了本智能车的具体参数。
- 致谢：对帮助完成本智能车系统的人员表示感谢。
- 参考文献。
- 附录。

第二章 系统总体规划

2.1 系统概述

根据竞赛章程规定，我们使用Freescall公司的MK60DN512ZVLQ10单片机为核心处理器，使用CCD摄像头捕捉赛道信息，把赛道信息传递给单片机，经过单片机处理后，通过控制舵机来控制前轮的转向，达到控制赛车移动方向的目的。同时根据光电编码器来测量当前赛车的速度，并结合摄像头捕捉到的前方赛道信息对带赛车进行加减速控制，使其能够稳定快速地运行在指定的赛道上。

2.2 系统方案总体设计

根据稳定、精简、高效的设计原则，在有限的时间里，我们在老师和学长的悉心帮助下，从无到有，对小车进行不停的改进和测试。本辆智能车的机械、硬件和软件的特点如下：

机械方面：

纵向安装舵机，增长舵机臂至30mm，尽量使得左右力臂长短一致来保证力矩的一致性，尽力提高赛车的转向质量。

摄像头采用单碳纤维管支架，并且摄像头后移以使摄像头处于赛车的重心上方，来提高摄像头的稳定性，使其能够稳定、高效地捕捉精确的道路信息。

对赛车底板进行垫片处理，来使得小车能够有一个比较理想的底板高度，在赛车高速运行时使其稳定。

采用欧姆龙 E6A2-CWZ3E旋转编码器，使用铝合金材料使其与传动组合合适连接，达到测量车速的目的。

硬件方面：

保证稳定、可靠前提下，尽量减小电路板面积与质量，以便于赛车其他部件的安装；但是由于能力和条件所限，本车的电路板为单面板，且面积比较大，再加上我们为了提高摄像头的稳定性使得电路板只能倾斜安装，不足之处比较明显。

软件方面：

采用动态阈值和边沿检测法提取黑线，保证提取黑线的稳定可靠；采用闭环PID和前瞻相结合的控制策略，并且基本上不对路型作判断，来提高赛车对赛道适应性。此外对于起跑线的检测问题，通过纯软件的处理方法解决，不再对赛车安装其他的传感器来识别起跑线。

2.3 系统结构框图

如上文所述，本智能车系统的设计方案如图 2.1 所示：

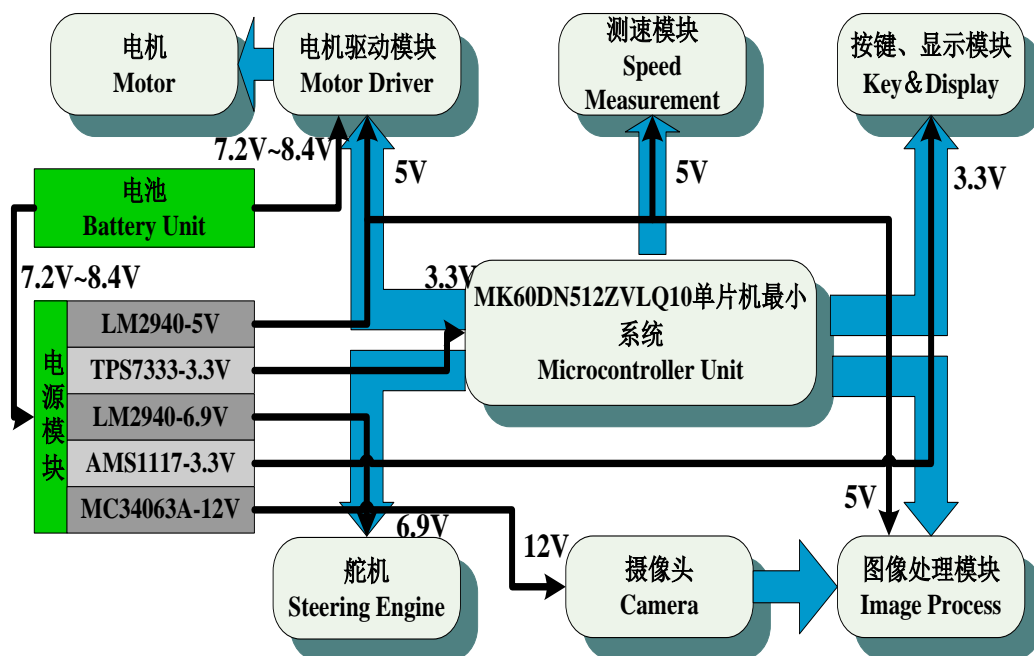


图 2.1 系统方案结构

本着稳定、精简、高效的设计原则，系统主要根据上文框图设计完成。由上图可以看出，智能车稳定、高速运行的关键在于摄像头能否精确的捕捉到赛道路况信息，传递给单片机——MK60DN512ZVLQ10，根据光电编码器返回的数据，对赛车的方向和速度进行有效的控制，达到预期目的。

所以，对于摄像头种类的选择，赛道路况信息的精确捕捉，赛车的路径选择控制和赛车的速度控制就显得尤为重要了，文章后面将会对这几个方面进行详细的介绍说明。但是在系统方案的设计和选择过程中，应尽量符合实际条件，紧靠精简、高效的设计原则。在对赛车的实际反复调试中，符合系统对精简、高效的要求。

第三章 机械结构设计

3.1 智能车参数要求

第七届全国大学生智能汽车竞赛摄像头组对智能车主要有以下参数要求：

- ①、车模尺寸要求：车模尺寸不能超过 250mm×400mm。
- ②、传感器数量检查：传感器的数量小于16个。
- ③、舵机型号： FUTABA3010。
- ④、后轮驱动马达型号： RS380-ST / 3545。
- ⑤、必须使用组委会指定的轮胎及电池。
- ⑥、电容总容量不超过2000微法，电容最高充电电压不得超过25伏。
- ⑦、单片机必须使用组委会规定产品。

3.2 智能车实际机械参数

本次大赛指定的摄像头组车模为A车模，车模型号G768，生产商为东莞博电子数码科技有限公司。本智能车的具体机械参数如表3.1所示：

表3.1 智能车机械参数

项 目	参 数
车模长度	300mm
车模宽度	180mm
车模高度	300mm
车模重量	1.5kg
前轮轮距	140mm
后轮轮距	149mm
车轮直径	50mm
车轮宽度	25mm

舵机和上届相同，型号为FUTABA3010，在6V工作电压下转向速度为0.16 sec/60°，扭矩为6.5 kg/cm，外形参数为40 * 20 * 38mm，重量为41g，内部为尼龙齿轮。电机型号为RS380-ST/3545。

3.3 舵机的安装

舵机直接关系着智能车的转向反应时间和转向质量，如果舵机安装调整不合适，将严重限制转向角度和转向效率，以至于赛车不能够理想的运行，甚至会使得高速的赛车冲出跑道，所以舵机的安装方案是至关重要的。舵机安装一般有两种方式，一种是卧式安装，一种为直立安装。

车模套件中提供的是卧式安装相关器件，但是如果采用卧式安装，会使得舵机与左右两个车轮的连杆不等长，根据杠杆原理可知舵机对长连杆轮子用的力要大一些，因此会使得舵机对左右转向响应时间不一样，这是我们所不希望看到的。此外舵机安装时应当尽量使得舵机力臂与车轮连杆处在同一个水平面上，以便减轻车轮转向对舵机的负担，保护舵机，延长舵机寿命；但这正是卧式安装舵机所不能够满足的，所以经过综合考虑和实践本智能车实行了舵机的直立安装。

直立安装需要自行制作安装舵机的紧固件和连杆连接件，我们用淘汰的PCB板制作连接件，使其与舵机转盘固定，延长舵机力臂至30mm。另外考虑到舵机安装需要极高的牢固性，因此我们采用了舵机背部朝上的直立式安装方案，具体安装效果如图3.1所示。



图3.1 舵机安装图

3.4 传动系统的调校

摄像头组A型车的传动系统主要包括齿轮组和差速器。

齿轮传动机构对车模的驱动能力有很大的影响。齿轮传动部分安装不恰当，会增大电机驱动后轮的负载。齿轮配合间隙过松则容易打坏齿轮，过紧则会增加传动阻力；所以可以通过转动后轮听齿轮转动声音的方法，使其处于一种较为理想的状态。

此次摄像头组小车采用的差速器为滚珠式差速器。合适的差速器调整能够提高小车过弯速度，提高弯道性能。对差速器调整可以通过右后轮轮轴上面的螺丝，调节过松时，会严重影响直道加速性能，调节过紧则不能发挥有效的性能，注意把握好实际的平衡。

3.5 光电编码器的选择与安装

本系统采用的是欧姆龙E6A2-CWZ3E旋转编码器，此款编码器的精度足以满足智能车对速度反馈信号的要求。我们使用铝合金材料制作固定件，使其与传动齿轮适当咬合，在不影响正常传动的前提下，反馈小车的实时速度。在安装时需要十分注意齿轮的咬合程度，过松容易打坏齿轮，错误捕捉速度信息，过紧则会对电机造成很大的负担，具体安装效果如图3.2所示。



图3.2 编码器的安装

3.6 摄像头的选择与安装

摄像头是智能车采集赛道信息的唯一来源，好比于人的眼睛，所以对摄像头的选择与安装就显得尤为重要了。

CMOS摄像头具有低成本、低耗电以及高整合度的特性，且不需要在增加AD转换的外接电路，所以我们最先采用此种摄像头。但是后续的车体调试的过程中，我们发现在赛车高速运行的情况下，摄像头对起跑线的检测存在很大的问题，即起跑线设定在长直道后的路况时，我们使用的COMS摄像头采集不到起跑线，小车不能够实现停车，影响比赛成绩。

所以我们改换了CCD的摄像头，虽然其存在高功耗的缺点，但是其高品质的影像优点更显突出。



图3.3 COMS摄像头实物图



图3.4 CCD摄像头实物图

在安装方面，摄像头采用碳纤维材质的单管作为支架，使用有机玻璃和铝合金材料制作摄像头和支撑杆的连接件。在保证稳定牢固的前提下，我们把连接件做成可调节的模式，以实现智能车在实际调试阶段很好的人机互动和简单便利的操作性。

此外，为了获得最好的前瞻视野和重心稳定性，我们把摄像头安装在智能车底盘重心的上方，所以电池选择了直立的安装方案。摄像头支撑杆的底部被安装由4个支撑杆搭建的低高度平台上，以此来缓解赛车在高速运行过程中带来的抖动，实现摄像头获取图像信息的质量。具体安装效果如图3.5和图3.6所示。



图3.5 摄像头支撑架

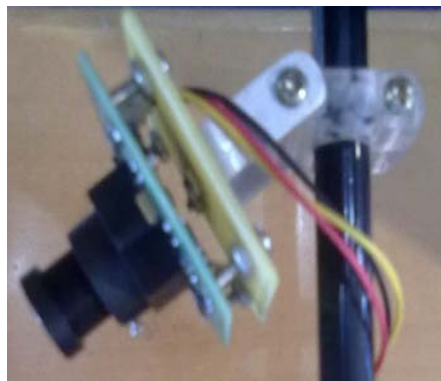


图3.6 摄像头支杆连接

3.7 前轮调整

前轮调整的作用是保障赛车直线行驶的稳定性和转向的灵敏和准确性。前轮的安装位置由主销内倾角、主销后倾角、前轮外倾角和前轮前束等4个项目决定，确定了转向轮、主销和前轴等三者在车体上的位置关系。

在实际调试中，我们发现适当增大内倾角，设置合适的前轮前束的确可以增大转弯时车轮和地面的接触面积，从而增加了轮胎和跑道的摩擦力，使得小车转向更灵活与稳定，减小因摩擦不够而引起的转向不足，入弯质量差的情况。

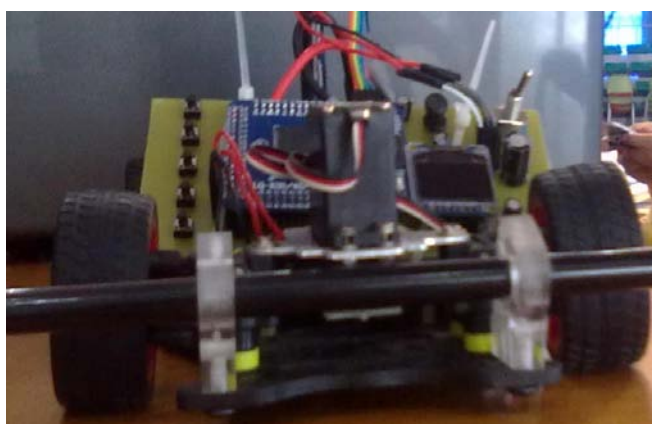


图3.7 前轮调整

3.8 轮胎的选用及保养

智能车轮胎的性能也是其能否有良好表现的重要因素之一。轮胎性能会随

着使用时间呈现“差-优-差”的情况。新车轮胎由于轮胎面不平滑使得抓地力不足，经过一段时间使用后，轮胎会更加贴近于赛道，在赛道上会擦出尖锐的声音，这时的性能最佳；但时间一久，随着轮胎橡皮硬化，抓地力会呈下降态势。

所以对轮胎的保养也是非常重要的，在平时练车和车辆调整时，最好跑完一圈就对轮胎进行实时的擦拭，以保持轮胎的清洁，延长其使用寿命。在车模放置的时间段内尽量避免轮胎支撑赛车重量，以避免时间长久导致轮胎的受力形变，影响小车的运行。

3.10 本章小结

车模的机械部分是整辆小车的基础，它是软硬件能否顺利实施与运行的外部保障。在后期调试的过程中，一个好的机械设计和架构是小车能否取得较好成绩的重要条件。

然而车模机械调整部分往往是比较繁琐与精细的，在软硬件不变的情况下，一个前轮的小角度调整就能带来巨大的变化，一个连接件的制作不理想都能使得小车无法顺利运行。所以在机械设计和调整方面，就必须怀着严谨与求精的心态，积极的去面对每一个部分的制作调整，结合各方面的知识，在千万种可能中去找寻那一种属于这辆小车的最佳方案。

第四章 硬件系统设计

4.1 单片机最小系统

单片机最小系统为本小车系统的核心，单片机处理从传感器上返回的信息，在对舵机和电机进行控制，是智能车系统的大脑。本系统采用的是Freescle公司的MK60DN512ZVLQ10单片机为控制核心的龙丘最小系统，具体如图4.1所示。



图 4.1 单片机最小系统

4.2 电机驱动模块

电机是智能车的动力来源，而电机驱动模块实现了对电机的有效控制，所以此模块的稳定、可靠是相当重要的。驱动芯片我们选择BTS7960。BTS7960的芯片内部为一个半桥。INH引脚为高电平，使能BTS7960。IN引脚用于确定哪个MOSFET导通。IN=1且INH=1时，高边MOSFET导通，OUT引脚输出高电平；IN=0且INH=1时，低边MOSFET导通，OUT引脚输出低电平。SR引脚外接电阻的大小，可以调节MOS管导通和关断的时间，具有防电磁干扰的功能。IS引脚是电流检测输出引脚。

BTS7960的引脚IS具有电流检测功能。正常模式下，从IS引脚流出的电流与流经高边MOS管的电流成正比，若 $R_{IS}=1k\Omega$ ，则 $V_{IS}=I_{load}/8.5$ 。

BTS7960应用非常简单，只需要向芯片第2引脚输入PWM波就能控制。当系统中只需要单向控制时，只需要让电机一端接地，另一端接BTS7960输出引脚。如果需要电机双向旋转控制，则需要另一片BTS7960共同组成全桥。

实际应用中焊接了2片，那是因为我们用一个全桥就足够控制电机。此外为了隔离驱动芯片与单片机系统并且保护单片机，我们采用了芯片74HC245DW隔离。具体的电路如图4.2及图4.3所示。因为电机驱动模块会干扰单片机控制，所以电机驱动模块被制作成单独的电路板，用杜邦线连接。

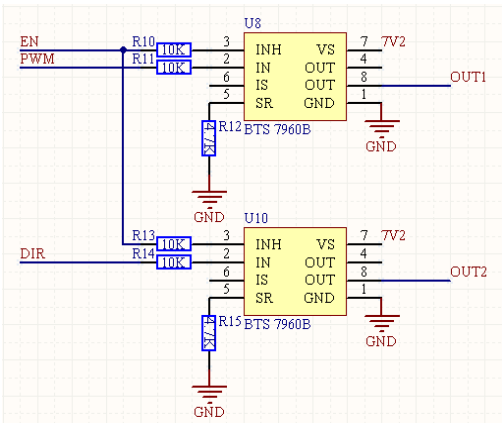


图4.2 BTS7960原理图

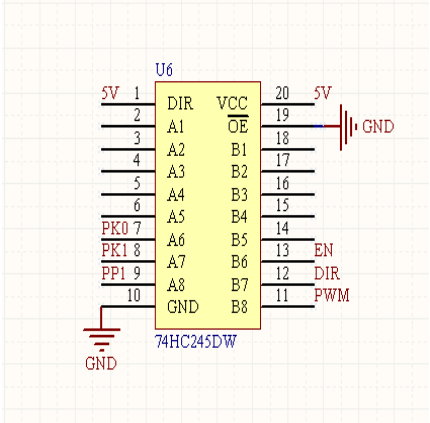


图4.3 74HC245DW

4.3 电源处理模块

电源是整辆小车的能量来源，全部是由7.2V、2000mAh的可充电镍镉电池提供的。但是在各个硬件系统和机械系统中需要不同的工作电压和工作电流，因此电源处理模块就是完成充电电池电压转换成各个模块所需要电压的工作。

具体需要的电压主要为：

- 1、3.3V：为K60单片机最小系统，及LED显示屏供电，为使最小系统少受干扰对其单独供电。
- 2、5V：为光电编码器，A/D转换电路，单片机与电机驱动隔离芯片供电。
- 3、6.9V：为舵机供电。
- 4、12V：为视频信号同步分离电路供电。

具体电源方案见表4.1 电源管理统计及各电源处理原理图。

表4.1 电源管理统计

模块	需求电压	芯片选择
K60单片机最小系统	3.3V	TPS7333
LED显示模块	3.3V	AMS1117
测速模块	5V	LM2940
图像处理模块	5V	LM2940
舵机供电	6.9V	LM2940
视频信号同步分离	12V	MC34063A
单片机与电机驱动隔离电路	5V	LM2940

其中TPS7333组成的电路为K60单片机最小系统单独供电，保证了单片机最小系统的电源电压的稳定，减小其他电源模块对最小系统的干扰。AMS1117-3.3芯片电路则为LED屏幕提供电源，方便小车的调试工作。具体电路见图4.4和图4.5。

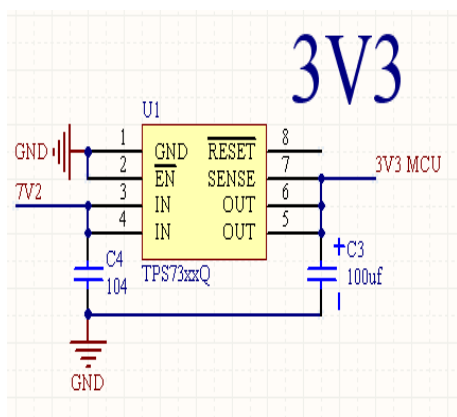


图4.4 单片机电源

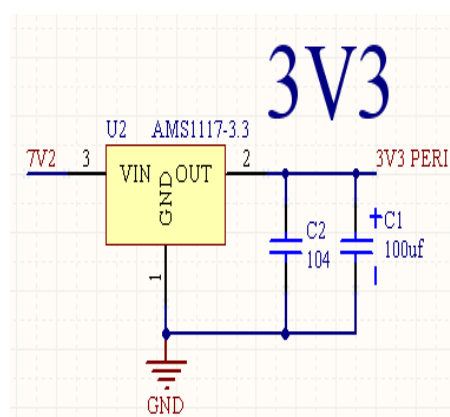


图4.5 LED电源

以LM2940芯片处理电池电源，输出6.9V电压电源给舵机供电，用以保证舵机良好的反应速度和转向效率。再以LM2940芯片组成5V电压转换电路，供给编码器和图像处理等模块。具体见图4.6和4.7。

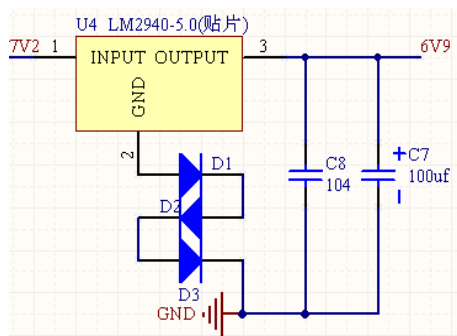


图4.6 舵机电源

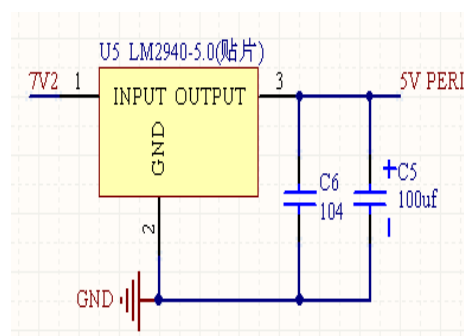


图4.7 编码器及图像处理电源

最后，以MC34063A芯片为核心设计摄像头电源，具体见图4.8。

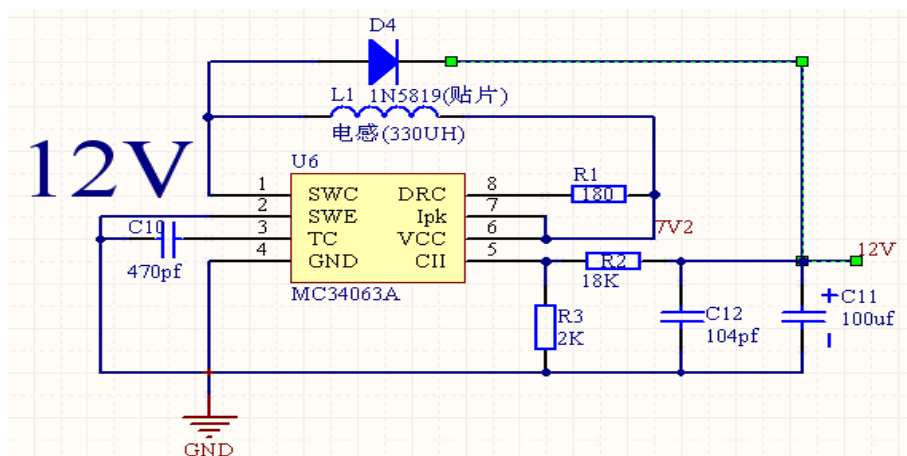


图4.8 摄像头电源

4.4 图像处理模块

摄像头视频信号中除了包含图像信号之外，还包括了行同步信号、行消隐信号、场同步信号、场消隐信号等。因此若要对视频信号进行采集，就必须通过视频同步分离电路准确地把握各种信号间的逻辑关系。常用的视频同步分离芯片是 LM1881，它可以从视频信号中分离出行同步信号，场同步信号，色同步信号和奇偶场识别信号。具体电路如图 4.9 示。

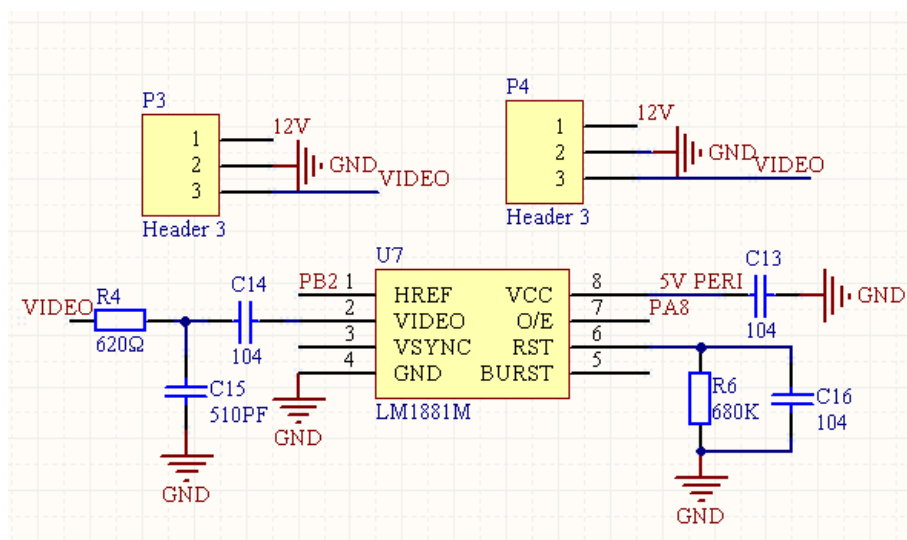


图 4.9 视频信号同步分离电路

我们使用的是 MK60DN512ZVLQ10 单片机，具有 A/D 转换器的功能，我们最先对其进行了 A/D 和 DMA 转换的测试，发现在 100M 系统时钟，50M 总线时钟，8 位 AD 的情况下，每行图像仍只能采集 100 多个点效果不是很理想，所以我们选择了 TLC5540 芯片制作了外部 A/D 转换电路。TLC5540 是美国德州仪器公司推出的高速 8 位 A/D 转换器。它的最高转换速率可达每秒 40 兆字节，具有高达 75MHz 的模拟输入带宽以及内置的采样保持电路，因此非常适合在欠采样的情况下应用。具体见图 4.10 所示。

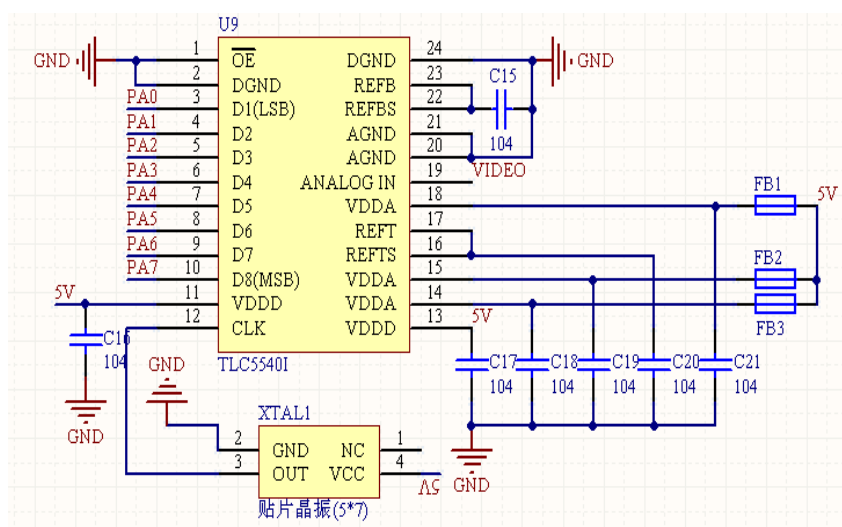


图 4.10 A/D 转换电路

4.5 调试模块

调试模块我们使用 LED 和按键相结合的方案，使得在调试小车的过程能有一个较为理想的人机互动关系，方便选择理想的小车参数。效果见图 4.11 所示。

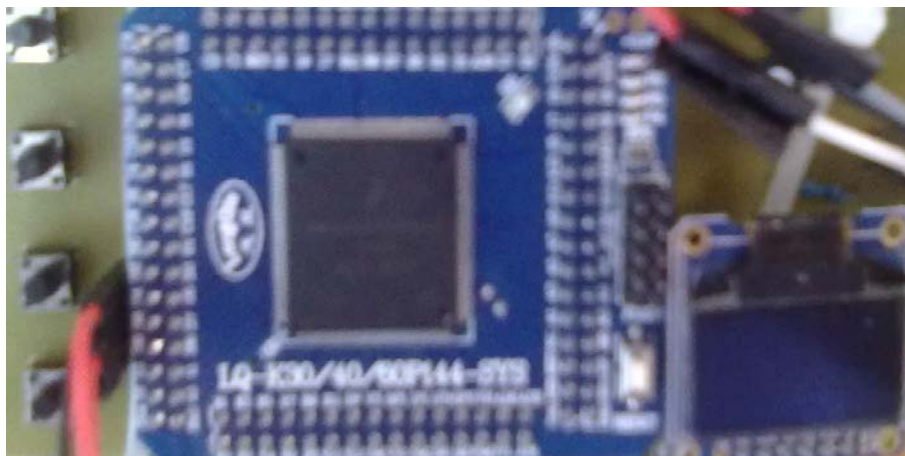


图 4.11 调试模块效果图

4.6 硬件整体效果

因为学校实验室条件所限，制作双面板存在一定的难度，所以我们最终制作了 PCB 单面板，并且尽量减小电路板的实际尺寸，达到减轻小车重量的目的。具体效果如图 4.12、图 4.13 所示。

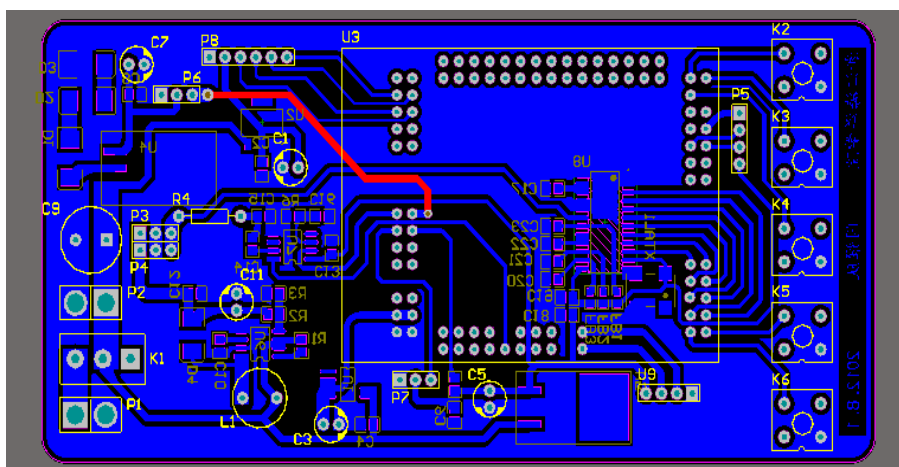


图 4.12 电路板 PCB 图

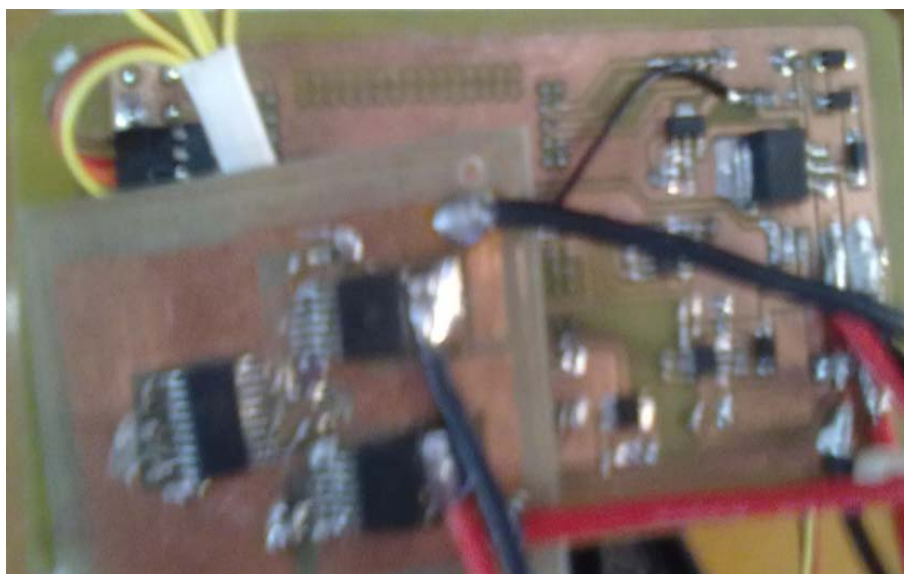


图 4.13 电路板实物图

4.7 本章小结

本着稳定、精简、高效的系统设计理念，我们完成了小车硬件系统的设计与制作，并根据实际情况做了一些改进：

第一，单片机的电源系统与其他电源系统分开；

第二，电机驱动模块与主电路板分开设置，以防止电机驱动的干扰；

第三，吸取实际教训，对电机驱动布线进行加粗处理，以减少导线内阻，从而避免导线过热电路板烧毁；

但是硬件方面还是存在很多的不足之处，如因为经验不足的原因，导致我们开始制作电路板时，对电机驱动发热量估计不足使得电机驱动芯片烧毁；PCB板为单面板，不可避免的导致 PCB 板面积较大，安装不便。电路板体积较大，且因为电机驱动和主电路板分开的原因，导致不得使用较长的导线存在缺陷等；但相信在以后能够改进更多。

第五章 系统软件设计

5.1 软件系统概述

摄像头组的智能车，关键在于摄像头图像的采集，采集的好坏直接决定小车的稳定，图像的正确处理可以使我们的车可以跑得更快更稳。我们采用 CCD 摄像头来识别赛道，舵机和电机控制我们考 PID 和前瞻量共同控制，使小车稳定高速完成比赛。

5.2 黑线的提取

我们是用的是 CCD 摄像头和 K60 单片机，由于 K60 是 32 位的，所以有足够的空间够我们采集保存图像，我们采集了 40 行 160 列的数据。小车在跑道上开始启动之前，有个跑道捕捉的过程，只有当摄像头捕捉到跑道之后小车才会启动发车。主要流程如图 5.1 所示。

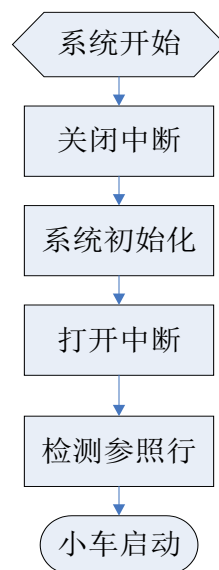


图 5.1 小车运行检测

黑线提取算法的基本思想如下：

(1) 第一行，从中间向两边搜索，用既定的黑线阈值确定左右黑线位置，作为模板；

(2) 第一行搜索到六十厘米的宽度，这样过 u 型弯的时候，不会模板行都搜不到，我们的前瞻有一米二，这样小 s 基本可以保证直冲过去；

(3) 第二行开始用前一行的黑线位置定一个搜索范围搜索黑线，这样能减少搜索时间；

(4) 摄像头采集回来的图像会有梯型失真，我们是给它乘一个修正系数，根据每一行的失真量定义每一行的修正系数；

(5) 黑线由黑线宽度来定，近的地方黑点很多，远的地方黑点就很少了，由黑线宽度来确定是黑线还是噪点，来确定黑线；

(6) 提取出整场所有有效行的黑线中心后，根据预先设定好的权重计算出黑线中心的加权平均值，作为本场的黑线中心。

黑线提取程序流程如图 5.2 所示。

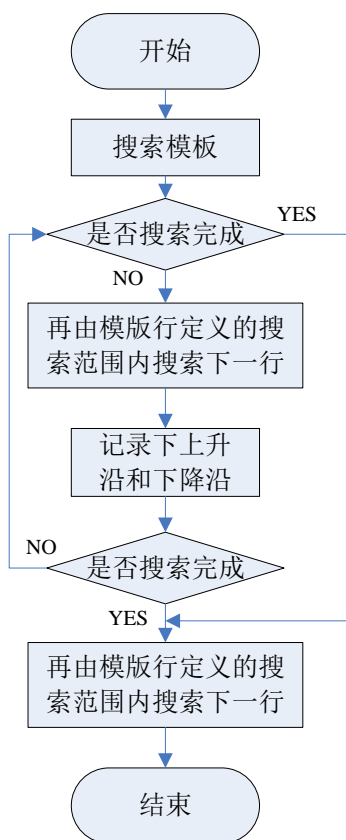


图 5.2 黑线提取程序流程

5.3 路径选择

赛车一个是比速度，一个是比控制。一个好的路径选择就显得尤为重要了，像小 S 如果直冲过去就要比沿着小 S 绕过去要更快更稳，切内道对于过弯很重要，但鉴于比赛过程中，出轨的考察，太过切弯很容易两个轮子陷下去，导致比赛的失利。

1、小 S 线路

小 S 路径的直冲关键在于，前瞻够长，一场的加权平均值就会保持在中心线附近，这样小车就可以快速稳定的通过小 S 了。相反，前瞻太短，看不到一个完整的小 S，返回来的中心线就会偏离较大，车就会抖，不稳，速度也加不上去。具体路况如图 5.3 所示。



图 5.3 小 S 路况

2、大回环线路

大回环重要的是稳定，一个稳定不减的速度，首先得识别到大回环的特征，再以稳定较高的速度前进。

3、十字线路

十字作为摄像头车控制里，较为困难的部分，我们采取的是，在整行丢线的情况下，以最后记录的黑线位置作为该行的黑线位置进行修正，当前面有四

5.4 PID速度控制

在过程控制中，按偏差的比例（P）、积分（I）和微分（D）进行控制的PID控制器（亦称PID调节器）是应用最为广泛的一种自动控制器。它具有原理简单，易于实现，适用面广，控制参数相互独立，参数的选定比较简单等优点；而且在理论上可以证明，对于过程控制的典型对象——“一阶滞后+纯滞后”与“二阶滞后+纯滞后”的控制对象，PID控制器是一种最优控制。

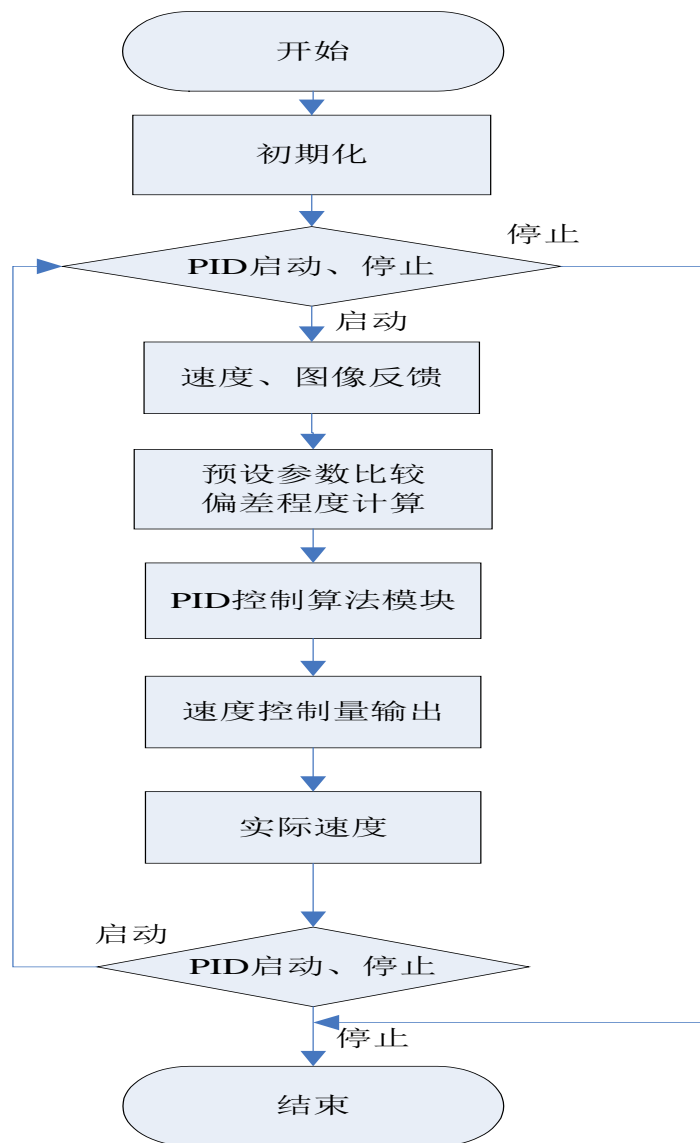


图 5.6 PID 控制流程图

PID 调节规律是连续系统动态品质校正的一种有效方法，它的参数整定方式简便，结构改变灵活（PI、PD、…）。PID 控制器由比例单元（P）、积分单元（I）和微分单元（D）组成。其输入 $e(t)$ 与输出 $u(t)$ 的关系为：

$$u(t) = kp \left[e(t) + \frac{1}{TI} \int_0^t e(t) dt + TD \times \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (1)$$

因此它的传递函数为：

$$G(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = kp \left[1 + \frac{1}{TI \times S} + TD \times S \right] \quad (2)$$

其中 kp 为比例系数； TI 为积分时间常数； TD 为微分时间常数。

PID 使用中只需设定三个参数（ K_p ， T_i 和 T_d ）即可。在很多情况下，并不一定需要全部三个单元，可以取其中的一到两个单元，但比例控制单元是必不可少的。

本系统采用了一种参数自整定的 PID 模糊控制算法对小车速度进行闭环控制。小车在前进过程中，在不同的路况可以获得不同的预设速度，通过模糊控制器进行速度调节，以缩短小车的速度控制响应时间，减小稳态误差。其控制流程图如图 5.6 所示。

其中的 P 值，是由我们对赛车进行不断的测试和实验所确定的。实验发现，只有不停的对赛车进行不同路况和不同的摩擦赛道测试，最终才能选定比较理想的 P 值，且是对不同的路况的一个平衡和妥协的过程。

第六章 开发平台介绍

6.1 IAR Embedded Workbench IDE简介

IAR Embedded Workbench for ARM 是 IAR Systems 公司为 ARM 微处理器开发的一个集成开发环境。比较其他的 ARM 开发环境，IAR Embedded Workbench for ARM 具有入门容易、使用方便和代码紧凑等特点。

嵌入式 IAR Embedded Workbench IDE 提供了一个框架，任何可用的工具都可以完整地嵌入其中，这些工具包括：

1. 高度优化的 IAR AVR C/C++编译器；
2. AVR IAR 汇编器；
3. 通用 IAR XLINK Linker；
4. IAR XAR 库创建器和 IAR XLIB Librarian；
5. 一个强大的编辑器；
6. 一个工程管理器；
7. TM IAR C-SPY 调试器，
8. 一个具有世界先进水平的高级语言调试器。

6.2 IAR Embedded Workbench的功能及特点

嵌入式 IAR Embedded Workbench 适用于大量 8 位、16 位以及 32 位的微处理器和微控制器，使用户在开发新的项目时也能在所熟悉的开发环境中进行。它为用户提供一个易学和具有最大量代码继承能力的开发环境，以及对大多数和特殊目标的支持。嵌入式 IAR Embedded Workbench 有效提高用户的工作效率，通过 IAR 工具，用户可以大大节省工作时间。这个理念被称为：不同架构，同一解决方案。

IAR Embedded Workbench 操作界面非常简洁，工具栏布局合理明了，对于不同的功能的运用也是非常方便的。且在 IAR Embedded Workbench 开发环境还是可以很好的兼容 Freescale 公司生产的 K60 系列处理器的。具体操作界面见图 6.1 所示。

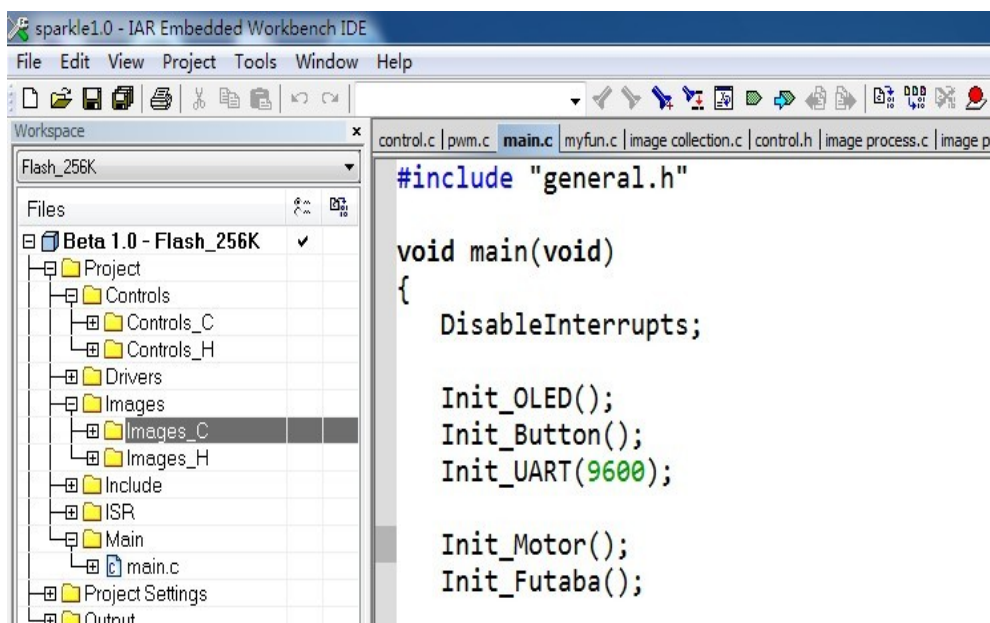


图 6.1 IAR Embedded Workbench 运行界面

IAR Embedded Workbench for ARM version 4.30 是一个针对 ARM 处理器的集成开发环境，包含项目管理器、编辑器、编译连接工具和支持 RTOS 的调试工具。在该环境下可以使用 C/C++ 和汇编语言方便地开发嵌入式应用程序。

针对嵌入式应用的特点：

1. 先进的通用编译器优化和针对特定处理器的速度优化及存储器优化功能。
2. 轻量运行库，用户可以根据需要自行配置，提供全部源代码；
3. 灵活的存储器控制，允许详细地为代码和数据分配地址。
4. 去除不需要的函数和变量。
5. C/C++ 变 M 和函数连接时全局类型检查。
6. 可选的校验和生成功能，用于运行时映像校验。
7. 自动将代码和数据放置到非连续的存储器区域。
8. 强大的可重定位宏汇编器，支持丰富的命令集和操作符。
9. 强大的代码覆盖率和执行时间分析工具。

在 IAR Embedded Workbench for ARM version 4.30 开发环境下，实现程序到单片机系统的烧录也变得十分快速和简单。只要用烧录器连接好单片机最小系

统和上位机，选择芯片烧录就能够在很短的时间能实现程序到单片机最小系统的烧录。但是在烧录过程要注意烧录器连接的稳定性，避免断开连接的情况，再者要安装好上位机对烧录器的驱动。烧录界面如图 6.2 所示。

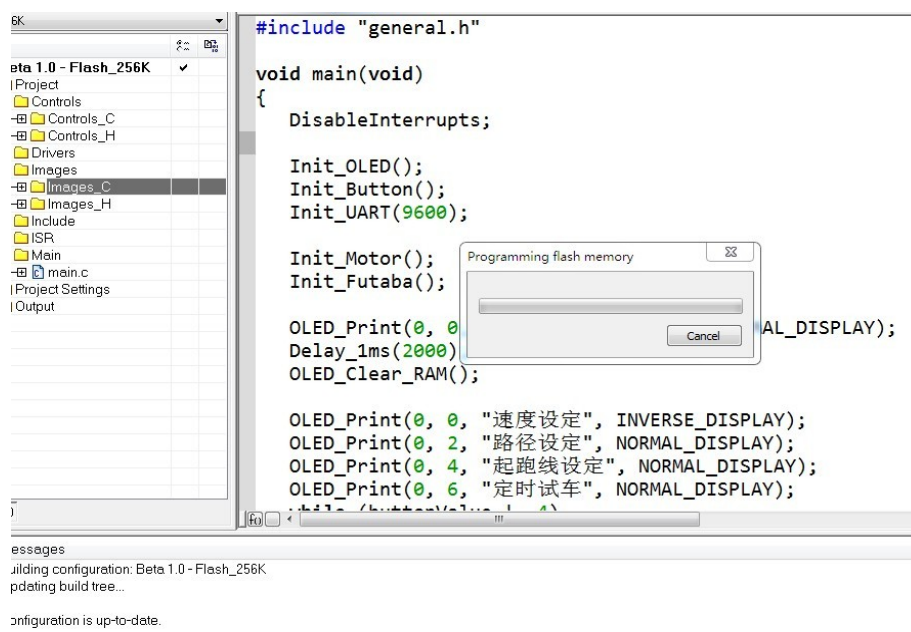


图 6.2 IAR Embedded Workbench 程序烧写界面

针对嵌入式调试的特点：

- 1.完全集成的源代码和反汇编程序调试器。
- 2.非常细化的执行控制（函数调用级步进）。
- 3.复杂的代码和数据断点。
- 4.丰富的数据监视功能。
- 5.Locals, Watch, Auto, Live Watch和Quick Watch 等变量查看窗口。
- 6.寄存器和存储器查看窗口。
- 7.支持STL容器。
- 8.C/C++调用栈窗口，同时还可以显示将要进入的函数。
- 9.双击调用链上的任何函数将更新编辑器、局部变量、寄存器、变量查看和反汇编窗口，以显示在该函数调用时的状态。

10.跟踪功能，可以检查执行的历史记录。在跟踪窗口中移动时将更新编辑器和反汇编窗口以显示合适的位置。

11.控制台I/O仿真。

12.中断和I/O模拟仿真。

13.类似C语言的宏系统，可扩充调试器的功能。

14.由主机执行的应用程序系统调用仿真。

6.3 硬件开发平台Altium Designer

硬件设计制作平台主要为Altium Designer 09。Altium Designer基于一个软件集成平台，把为电子产品开发提供完整环境所需的工具全部整合在一个应用软件中。Altium Designer包含所有设计任务所需的工具：原理图和HDL设计输入、电路仿真、信号完整性分析、PCB设计、基于FPGA的嵌入式系统设计和开发。另外可对Altium Designer工作环境加以定制，以满足用户的各种不同需求。

Summer 09版本解决了大量历史遗留的工具问题。其中就包括了增加更多的机械层设置、增强的原理图网络类定义。新版本中更关注于改进测试点的分配和管理、精简嵌入式软件开发、软件设计中智能化调试和流畅的License管理等功能。

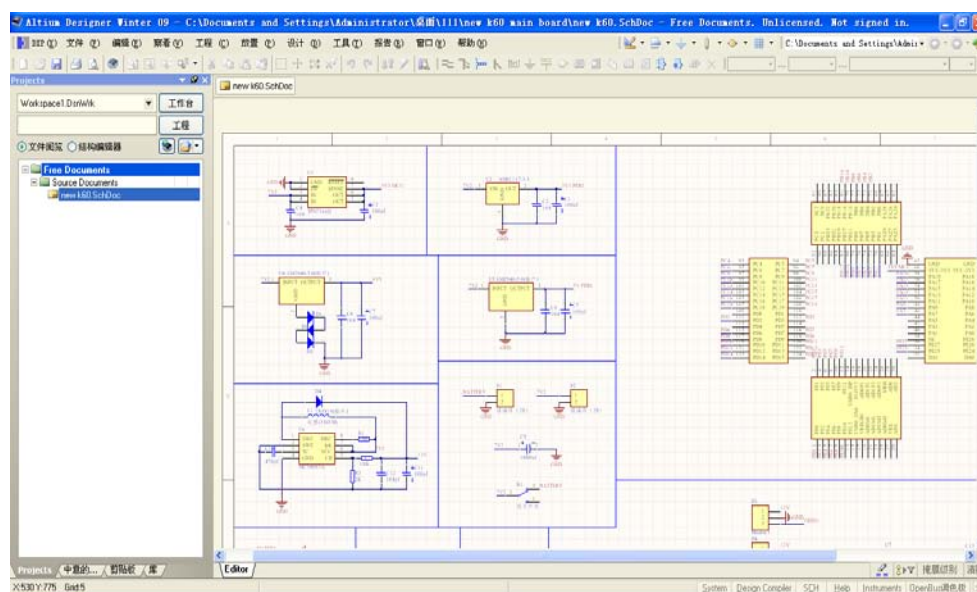


图 6.3 Altium Designer09 运行界面

这款软件最新版本 为Altium Designer-Release 10。Altium Designer 10 提供了一个强大的高集成度的板级设计发布过程，它可以验证并将设计和制造数据进行打包，这些操作只需一键完成，从而避免了人机交互中可能出现的错误。AD 10 系列的增强功能包括：输出Output Job编辑器、内电层分割加速改善、弹出式的多边形铺铜管理器、Atmel Q Touch支持、自定义的笛卡尔直角和极坐标栅格、Aldec HDL仿真功能、实现比使用指针更多的GUI增强等。AD10还带来了一个全新的管理元器件的方法。其中包括新的用途系统、修改管理、新的生命周期和审批制度、实时供应链管理等更多的新功能。

第七章 参赛总结及参数统计

7.1 参赛总结

自报名参加飞思卡尔比赛这半年来，我们看着自己的小车一点一滴的搭建起来，从跑的跌跌撞撞，到可以跑完全程，再到速度与路径的提升；我们的心情似乎已经超脱了喜悦与成功，而更像是庄周看到蝴蝶破蛹而出，上下纷飞时的那种奇妙的心境。

车子上的每一个部件，每一个螺丝上都凝聚着我们的心思和寄托。虽然他有的部件粗糙而又不规整，但每一个缝隙里都有着我们的印迹。小车的电路板的体积很大，导致安装位置和方案都不够理想。我们想把摄像头的位置放置到完美，而使得他的电池放置存在一定的问题，重心有微微上抬的问题。他的舵机我们尝试了很多种的方案，终于安装在了我们认为最为合理的位置，但也存在着调整不便的缺点等等。这也给我们该进他明确了方向，相信他能变的更加完美。

在这份技术报告中，我们从系统规划、机械改造、硬件设计、软件开发等当面详尽介绍的小车的设计思路和具体的制作方案，仔细阐述了小车从摄像头基于机械跟硬件基础采集赛道的路况信息，并顺利的传递给核心处理器——MK60DN512ZVLQ10单片机，结合光电编码器返回的数据，通过软件算法对赛车的方向和速度进行有效的控制，达到预期目的过程。

左手回忆，右手年华，时间在我们十指之间穿流而过，抓不住也放不开，而小车的身影从我们的背影之中慢慢驶出，而和他相处的这段美好时光，也将可在我们时间刻度的前端。

7.2 参数统计

本智能车系统的实际尺寸及各个相关参数，符合飞思卡尔大赛组委会的相关参数规定，相关具体技术参数如表7.1所示。

表7.1 模型车主要技术参数说明

车体基本参数	车模长度	300mm
	车模宽度	180mm
	车模高度	300mm
	车模重量	1.5kg
	前轮轮距	140mm
	后轮轮距	149mm
传感器	光电编码器	1 个
	CCD 摄像头	1 个
电路电容总容量		1525.354uf
平均电路功耗		5W
新增加伺服电机个数		0 个
赛道信息检测精度		30mm
赛道信息检测频率		50HZ

致 谢

在制作小车期间，我们遇到的问题已经不能够记忆了，从最初的机械部分搭建，到后来的软件部分的分析和调试。在这一过程中，我们慢慢成长，但这一切都离不开学校，老师和同学的支持和帮助。

首先，我们要感谢比赛组委会使得本次比赛能够顺利的开展。

其次，我们要感谢学校对这次比赛的重视，感谢学校教务处对我们比赛的大力支持。

当然，我们要感谢老师们不辞辛劳的指导，和悉心关爱。没有他们的苦心，我们很难有今天的成果。

最后，我们要感谢一起制作智能车的同学们和朋友们，和你们一起努力是多么的令人开心加愉快。特别的我们要感谢我们的学长，是他耐心而又无私的帮助我们克服了一个又一个困难。

感谢你们这一路来的悉心陪伴！

参考文献

- [1]学做智能车 —— 挑战“飞思卡尔”杯 卓晴, 黄开胜, 邵贝贝, 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007
- [2] 邵贝贝. 单片机嵌入式应用的在线开发方法 [M]. 北京. 清华大学出版社2004
- [3] 王晓明. 电动机的单片机控制 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.
- [4] 张文春. 汽车理论[M]. 北京. 机械工业出版社, 2005.
- [5] 童诗白, 华成英. 模拟电子技术基础, 高等教育出版社, 2001.
- [6] 康华光. 电子技术基础数字部分 高等教育出版社, 2008
- [7] 谭浩强. C 程序设计. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [8] 谭浩强. C++程序设计 北京-清华大学出版社, 2004
- [9] 潘松, 黄继业. 现代数字电路基础教程 北京-科学出版社, 2008
- [10] 夏德铃, 翁贻方. 自动控制理 机械工业出版社, 2007
- [11] 冯桂宁,蒋翔俊. 单片机模糊PID自整定控制算法的实现及仿真. 技术前沿, 2007.5: 59~62
- [12] IAR_Embedded_Workbench用户指南
- [13] 王宜怀,王林. ARM Cortex M4 嵌入式系统开发实践-基于飞思卡尔 K60 系列微控制器
- [14] J60 Sub-Family Data Sheet Data Sheet, Rev. 6, 9/2011.
- [15] 周润景,张丽敏,王伟. EDA应用技术: Altium Designer原理图与PCB设计 电子工业出版社, 2009

附 录：源程序

```
#include "general.h"

void main(void)
{
    DisableInterrupts;

    Init_OLED();
    Init_Button();
    Init_UART(9600);

    Init_Motor();
    Init_Futaba();

    OLED_Print(0, 0, "欢迎使用闪耀号!!!", NORMAL_DISPLAY);
    Delay_1ms(2000);
    OLED_Clear_RAM();

    OLED_Print(0, 0, "速度设定", INVERSE_DISPLAY);
    OLED_Print(0, 2, "路径设定", NORMAL_DISPLAY);
    OLED_Print(0, 4, "起跑线设定", NORMAL_DISPLAY);
    OLED_Print(0, 6, "定时试车", NORMAL_DISPLAY);
    while (buttonValue != 4)
    {
        Human_machine_Interface();
    }
    OLED_Clear_RAM();

    Init_Motor_PID(&motor);
    Set_PID_Parameter(&motor, 150, 2.0, 0.0, 8.0);
```

```
Init_Futaba_PID(&futaba);
Set_PID_Parameter(&futaba, KT_BOARD_CENTER, 0.0, 0.0, 10.0);

Init_CCD();
Delay_1ms(2000);

PORTA_ISFR |= (1<<8);
PORTB_ISFR |= (1<<2);

EnableInterrupts;

while (1)
{
    if (periodFlag == START)
    {
        if (startCarFlag == FALSE)
        {
            if (arrayRowCounter == ROW)
            {
                //Init_Start_Car();

                /*
                Disable_Vsync_Interrupt();
                Disable_Href_Interrupt();

                UART_Send_Uint8_String(&image[0][0], ROW*COLUMN);
                UART_Send_Byte(0x0d);
                UART_Send_Byte(0x0a);

                Enable_Vsync_Interrupt();
                Disable_Href_Interrupt();
```

```
        arrayRowCounter = 0;
        periodFlag = FINISH;
    }
}
else
{
    while (pickupBlacklineCounter < ROW)
    {
        // 0-DETECT_REFERENCE_NUM
        if ((pickupBlacklineCounter<DETECT_REFERENCE_NUM)
&& (pickupReferenceFlag==FALSE))
        {
            if (Pickup_Reference_Blackline(image,
pickupBlacklineCounter) == TRUE)
            {
                pickupReferenceFlag = TRUE;
                pickupReferencePosition = pickupBlacklineCounter;

                detectCrossFlag = FALSE;
            }
        }
        else
        {
            if ((pickupReferenceFlag==TRUE) &&
(detectCrossFlag==FALSE))
            {
                if ((leftBlackline[pickupReferencePosition]!=0xff)
&& (rightBlackline[pickupReferencePosition]!=0xff))
                {
```

```

        if (Pickup_Blackline(image,
pickupBlacklineCounter) == FALSE)
        {
            if (pickupBlacklineCounter <
DETECT_REFERENCE_NUM)
            {
                detectCrossFlag = TRUE;
                crossType = STRAIGHT_CROSS;
            }
        }
    }
    else
//
    {
        if (Pickup_Blackline(image,
pickupBlacklineCounter) == FALSE)
        {
            if
((leftBlackline[pickupBlacklineCounter-1]!=0xff) ||
(rightBlackline[pickupBlacklineCounter-1]!=0xff))
            {
                if
((leftBlackline[pickupBlacklineCounter-1]==0xff) &&
(rightBlackline[pickupBlacklineCounter-1]<(RIGHT_BOUNDARY+(Href_Position_
Error[pickupBlacklineCounter-1]<<1))))
                {
                    detectCrossFlag = TRUE;
                    crossType = BENT_CROSS;
                }
            }
            else if
((rightBlackline[pickupBlacklineCounter-1]==0xff) &&

```

```
(leftBlackline[pickupBlacklineCounter-1]>(LEFT_BOUNDARY-(Href_Position_Error[pickupBlacklineCounter-1]<<1))))
```

```
    {
        detectCrossFlag = TRUE;
        crossType = BENT_CROSS;
    }
}
}
}
}
if ((detectCrossFlag==TRUE) &&
(crossType==STRAIGHT_CROSS)) {
    if (repairCrossFlag == FALSE)
    {
        if ((pickupBlacklineCounter<25) ||
(repairCrossCounter!=0))
        {
            if (Pickup_Left_Right_Blackline(image,
pickupBlacklineCounter) == TRUE)
            {
                if (repairCrossCounter == 0)
                {
                    detectCrossPosition =
pickupBlacklineCounter;
                }

                repairCrossCounter++;
                if (repairCrossCounter >
REPAIR_CROSS_NUM)
                {
                    repairCrossFlag = TRUE;
```

```

                                leftSearchEndFlag=FALSE,
rightSearchEndFlag=FALSE;
                                leftUnavailableRowCounter=0,
rightUnavailableRowCounter=0;
                                leftFirstFlag=TRUE,
rightFirstFlag=TRUE;

previousHrefLeft=leftBlackline[pickupBlacklineCounter],
previousHrefRight=rightBlackline[pickupBlacklineCounter];
                                }
                                }
                                else
                                {
                                    if (detectCrossPosition != 0)
                                    {

Clear_Uint8_Array_Data(leftBlackline, 0xff, detectCrossPosition,
pickupBlacklineCounter);

Clear_Uint8_Array_Data(rightBlackline, 0xff, detectCrossPosition,
pickupBlacklineCounter);

                                }

                                repairCrossCounter = 0;
                                detectCrossPosition = 0;
                                }
                                }
                                }
```



```
        else
        {
            Pickup_Blackline(image,
pickupBlacklineCounter);
        }
    }
}

    pickupBlacklineCounter++;
}
if (repairCrossCounter <= REPAIR_CROSS_NUM)
{
    crossType = BENT_CROSS;
}

Analyse_Left_Blackline_Parameter();
Analyse_Right_Blackline_Parameter();
Modify_U();

Recover_Road(RELEASE);
Set_Control_Parameter();
Futaba_Control(RELEASE);

if (breakFlag == FALSE)
{
    if (alarmTestTime == 0)
    {
        if (detectStartlineFlag == TIME_NEED_DETECT)
        {
            // 0-DETECT_STARTLINE_ROW
            for (detectStartlineCounter=0;
```

```
detectStartlineCounter<STARTLINE_DETECT_ROW; detectStartlineCounter++)
{
    if (Detect_Startline(image, detectStartlineCounter)
== TRUE)
    {
        breakFlag = TRUE;
    }
}
else
{
    //if (secondCounter >= alarmTestTime)
    {
        breakFlag = TRUE;
    }
}

Timer();

arrayRowCounter = 0;
detectCrossFlag = TRUE;
detectCrossPosition = 0;
crossType = STRAIGHT_CROSS;
repairCrossFlag = FALSE;
pickupReferenceFlag = FALSE;
pickupReferencePosition = ROW;
pickupBlacklineCounter = 0;

periodFlag = FINISH;
```

}
}
}
}