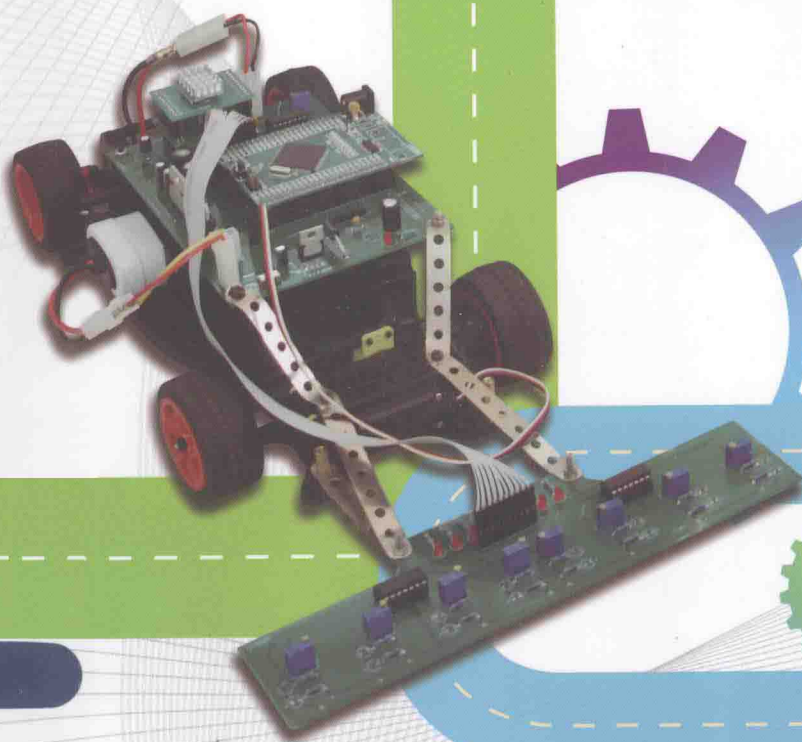


全国大学生 飞思卡尔智能车大赛

应用技能详解

潘 峰 冯占英 沈允中 耿光瑞 主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

全国大学生飞思卡尔 智能车大赛应用技能详解

潘 峰 冯占英 沈允中 耿光瑞 主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书以 Freescale(飞思卡尔)半导体公司 MC9S12XS128 单片机以及最新的基于 ARM Cortex M4 的 Kinetis 嵌入式处理器为蓝本,阐述了上述系统在全国大学生智能汽车竞赛中的软件与硬件设计技术。

全书共分 6 章:第 1 章简要介绍智能车大赛的要求、规则,芯片选择和开发软件;第 2 章结合大赛的要求介绍智能车常用的硬件电路;第 3 章结合实例介绍 MC9S12XS128 应用知识和各功能模块的使用方法;第 4 章结合实例介绍 Kinetis 嵌入式处理器的应用知识和各功能模块的使用方法;第 5 章讲述智能车的制作、调整技术,以及控制中的 PID 算法和实例;第 6 章介绍 SD 记忆卡的相关知识,结合实例讲解基于 SPI 总线的 SD 记忆卡在智能车传感器信息大容量采集中的应用方法。

本书适合高等院校计算机、电子、自动控制等相关专业的大学生,以及从事飞思卡尔处理器开发的工程师使用,是高等院校参加全国大学生智能车大赛的一本实用的理想参考书。

图书在版编目(CIP)数据

全国大学生飞思卡尔智能车大赛应用技能详解/潘峰等主编. —北京:中国铁道出版社, 2013. 1

ISBN 978-7-113-15754-8

I. ①全… II. ①潘… III. ①汽车—模型(体育)—制作 IV. ①G872. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 013661 号

书 名: 全国大学生飞思卡尔智能车大赛应用技能详解
作 者: 潘 峰 冯占英 沈允中 耿光瑞 主编

策 划: 吴宏伟

读者热线: 400-668-0820

责任编辑: 杜 鹃 鲍 闻

封面设计: 刘 颖

封面制作: 刘 颖

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街 8 号)

网 址: <http://www.51eds.com>

印 刷: 三河市华业印装厂

版 次: 2013 年 1 月第 1 版

2013 年 1 月第 1 次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印张: 21.75

字数: 570 千

印 数: 1~1 000 册

书 号: ISBN 978-7-113-15754-8

定 价: 39.60 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010) 63550836

打击盗版举报电话:(010) 63549504

前言

FOREWORD

本书是为每年参加飞思卡尔杯智能车大赛的大学生准备的，也可以作为学习飞思卡尔 MC9S12XS128 单片机以及最新的基于 ARM Cortex M4 的 Kinetis 嵌入式处理器的入门书籍。

全国大学生智能汽车竞赛由教育部高等学校自动化专业教学指导分委员会主办，飞思卡尔半导体公司协办。到目前为止，该竞赛已发展成 30 个省、自治区、直辖市近 300 所高校广泛参与的全国性竞赛。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。

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，是以迅猛发展、前景广阔的汽车电子技术为背景，涵盖自动控制、模式识别、传感技术、电子、电气、计算机、机械、汽车等多学科专业的创意性比赛。

本书首先介绍了智能车大赛的由来和规则，然后从硬件电路开始，详细介绍了电源、电机驱动、传感器等基本电路中使用的常见芯片及应用电路。

本书的第 3 章和第 4 章是重点内容，主要是对两款参赛用的 MCU 芯片及开发环境进行详细的介绍。这两款芯片是 MC9S12XS128 和最新的 Kinetis 芯片，这一部分内容可以为参加智能车大赛的选手提供参考，也可以供学习这两款芯片的相关开发人员提供入门和提高的必要知识。本书针对两款 MCU 给出的应用例程，均为编者亲自编写并经过验证。和一般单片机入门例程不同的是，本书的例程均围绕着智能车大赛的参赛实践而编写，针对性较强。

本书从第 5 章开始，从总体上论述了制作智能车的一般过程，包括准备工作、学习实验、制作测试、车辆调试等。其中，重点论述了机械调整，并分“光电、摄像头、电磁”三组介绍了传感器的数据采集及处理的一般方法。最后对于智能车常用的 PID 控制算法给出了详细的介绍。第 6 章介绍了 SD 卡的相关知识，从实例出发讲述了基于 SPI 总线的 SD 卡，在智能车传感器信息大容量采集中的应用方法。本书给出的方法仅供参赛选手参考，目的为抛砖引玉，读者不必拘泥于本书所提出的几种处理方法。

编者有多年指导学生参加智能车竞赛的经验，亲眼目睹了一批批相关专业的学生通过做智能车热爱上自己的专业，进入相关行业，一步一步成为出色的工程师。因此大学生对该比赛比较推崇。

编者从教多年，发现很多相关专业的工科大四学生，不会画电路板，不会编程，对自己所学专业了解仅仅停留在书本和考试的层面，其中不乏一些成绩优秀的学生。编者一直认为，实践是学习的最佳手段和最快途径。编者也一直秉承“做中学”的理念，来指导学生的课外科

技活动。所谓“做中学”，顾名思义，不是从书上学习间接的经验，而是从实践活动中学习直接的经验，它涉及从经验中建构知识。“做中学”在这里面临两个问题，一个是做什么？一个是学什么？既然是“做中学”，就不应该采用传统的实验课，做一两个实验，验证一两个理论，老师安排好实验步骤，学生只是机械地照做并得出结论。要做，就应该做到“三真”，即真实项目，真实环境，真实压力。而智能车项目正是用来实践“做中学”理论的非常好的一个学生科技活动。

智能车项目集观赏性和趣味性于一体，且难度适中，这也正是通过做智能车将学生吸引到实验室来的重要原因。编者发现，经过智能车项目训练的学生，和普通学生相比，分析问题和解决问题的能力、动手实践能力得到较大提高，且对专业知识的掌握和理解都强于普通学生。

自 2007 年起，编者每年都担任智能车竞赛的指导教师，积累了丰富的经验。编者发现，入门难是将很多学生挡在智能车大赛门外的最主要原因。智能车项目涉及的专业知识较多，包括电子、自控、计算机、机械与汽车等。本书的目的就是将制作智能车所涉及的各方面的知识有机地融合在一起，为参赛的学生提供入门和提高了的指导，让入门难不再成为制作智能车的障碍。

每年都会有很多新人怀着满腔热情来做智能车，但其中很多人很快就被耗光了热情和耐心，而选择了放弃。很多新人都不知道如何入手，总有些有劲无处使的感觉，觉得自己什么都不会，却又不知道从哪里入手，该干什么。新人中存在的主要问题主要有以下几点：

1. 缺乏自信，有畏难情绪

作为新人，一切都是新的。没有设计过电路，没有接触过单片机，几乎什么都不会。有些新人听了两次课，看了两篇技术报告，就发现无数不懂不会的东西，于是热情渐渐消退，信心渐渐丧失，这些都是放弃的前兆。殊不知，高手都是从新人过来的，没有谁天生什么都会做。一事件，如果还没开始做，就自己否定自己，认为自己做不到，那么肯定是做不好这件事的。

2. 习惯于被动接受知识，丧失了主动学习的能力

现在的学生大多从小习惯了被灌输知识，只学老师教的，只学老师考的。殊不知一旦走向社会，将不再有老师来教，不再有应付不完的考试。做智能车和传统的教学不同，学生将从被动学习的地位转变为主动学习。虽然有指导老师，有指导的学长，但学生都处于被动地位，往往都不会主动来学。有的学生一开始就没有转变思想，还希望就像实验课一样，老师安排好步骤 1，2，3…，然后自己按照老师安排好的步骤按部就班地操作。这样的学生，大都丧失了提出问题和解决问题的能力，只是一个应付考试的机器。要知道，解决问题的第一步是提出问题，如果总等着别人来教，那么问题永远会挡在你面前。

3. 缺乏团队精神和合作意识

智能车比赛是以团队的形式参赛，只依靠个人能力单兵作战就能取得好成绩的是很少很少的。当今社会，任何人的成功都离不开团队的支撑。智能车是一个很复杂的系统，涉及电路、

机械、传感器、单片机、底层驱动、控制算法……。如果所有的任务都由一个人去完成，固然锻炼了自己，但想做得很好却很不现实。很多新人，来到实验室，来到一个陌生的环境和团队，连向学长请教，和同学交流的勇气都没有，又如何融入团队呢？除了要主动融入团队，还要培养自己的团队意识。团队精神往往表现为一种责任感，如果团队遇到问题，每个人都只顾自己，出了错误，不想着解决问题，而是互相推诿埋怨。这样的团队，肯定是无法取得好成绩的。

4. 缺乏耐心和细心

其实把一件事做好很简单：细心加上耐心。不细心就想不到；没有耐心，即使想到了也做不到。做事怕麻烦、将就，说白了就是惰性在作祟。明明可以把支架做得更轻、更漂亮，明明可以把程序写得更简洁，明明可以把电路设计得更完善……其实，每个人都有很大潜力，如果不逼自己一次，你永远不知道自己的潜力有多大。如果放任惰性作祟，做事总是差不多就行、能将就就将就，那么成功会离你越来越远。

在做智能车之前，要做好以下几点：

1. 端正思想和态度

转变思想，做智能车是主动学习的工程，不要被动等待，不要总等着别人来安排，自己要主动调研、学习，主动去交流、请教。

2. 了解智能车

多上网了解智能车，多看几篇技术报告，从整体上了解智能车，对智能车形成总体的初步认识，并了解智能车比赛的规则。当然，也要多了解自己所在学校智能车的开展情况，选拔策略，支持方式等。

3. 组建或融入团队

如果学校里已经有了这样的学生团体，不如赶紧融入进去，并且要从身边寻找志同道合的同学来组建参赛队。寻找搭档的原则应该是互补型的，如果自己打算编程，就应该找擅长且愿意做电路和机械的同学来组队。组建团队的过程中，高低年级搭配是一个不错的组合，老队员带新人会使得个人学习和实践的效率大大提高。

4. 其他

做智能车需要经费的支持，即使学校支持，往往也需要自己垫付。做智能车需要一个固定的场所来铺设赛道。最好还要找一位很好的顾问，可以是自己的指导教师，也可以是高年级的学长或外校的老师 and 同学。

一旦准备完毕，应该尽早开始，从开始到初步完成，一直到参数调校到最优，对于新人，没有半年时间是很难做到的，何况中间还可能不断改进，甚至推倒重来，而且做智能车过程中遇到的大部分问题，都是做之前无法预料的。无论如何，即使是摸着石头过河，也比原地踏步强。

最后，编者还有些感想对参赛的选手们说：

做智能车的主要目的是为了锻炼自己，增强自己的动手能力和解决问题的能力，而不要过

于看重成绩，成功的人毕竟是少数，而成才才是最重要的。

教育部组织这个竞赛的目的就是为了培养学生的动手和创新能力，作为参赛学生，重要的是充分把握这个机会多学习，这是一个为数不多的机遇。做智能车和不做智能车的学生，毕业的时候在电路设计方面的能力，肯定不在一个档次上。所以，过程对每个队员来说都是非常重要而且有意义的，一定要充分把握。

制作智能车须投入大量时间和财力，不过一般学校都会给予支持，作为学生一定不要错过这个机会，除非你已经规划好整个大学生生活。做智能车的队员肯定会把时间安排得滴水不漏，想必走过来的“难兄难弟”都深有体会吧。

还有，网上现成的模块很多，直接拿来用的结果就是很多同学没有真正动手去做，没有真正体会，对学生来说不是一件好事。所以，大家还是尽量自己去找电路，自己搭建，这是一个真正动手的过程。当然，时间是有限的，除了必要的部分，尽量都自己做吧，如果担心时间不够，就早点开始。

本书由潘峰、冯占英、沈允中、耿光瑞主编。罗耀祖为本书编写提供了部分程序代码及技术支持，耿光瑞为本书提供了一些参考资料，在此一并表示感谢。

由于时间仓促，书中如有错误之处还希望读者批评指正。最后，祝所有参赛的选手都能取得好成绩，同时也希望本书能够对每年参赛的新人有所帮助。

编 者

2012年10月1日

目 录

CONTENTS

第 1 章 智能车大赛介绍	1	3.3.2 S12 的时钟	68
1.1 全国大学生智能车竞赛	1	3.3.3 实时中断	71
1.2 车模和赛道简介	1	3.3.4 PWM	75
1.2.1 车模	1	3.3.5 A/D 转换模块	83
1.2.2 赛道	2	3.3.6 定时器模块	93
1.3 芯片和开发软件	4	3.3.7 串行通信 SCI	104
1.4 比赛规则	4	3.3.8 SPI 总线接口	110
1.4.1 车模运行规则	5	3.3.9 Data Flash 模块	117
1.4.2 各赛题组传感器限制	5	第 4 章 Kinetis 应用知识	129
1.4.3 车模尺寸限制	5	4.1 Kinetis 微控制器简介	129
第 2 章 智能车硬件电路设计	8	4.2 编程与下载环境	130
2.1 电源稳压电路设计	8	4.3 Kinetis 内部功能模块及例程	136
2.1.1 低压差集成稳压器	8	4.3.1 GPIO 模块	136
2.1.2 开关式电源变换器	11	4.3.2 MCG 模块 PLL 超频	142
2.2 电动机驱动	15	4.3.3 基于 CW10 的中断程 序编写	152
2.2.1 电动机驱动原理	15	4.3.4 PIT 定时模块	156
2.2.2 电动机驱动控制原理	17	4.3.5 UART 模块	160
2.2.3 常用 H 桥电动机驱动芯片	18	4.3.6 FTM 模块	166
2.3 传感器检测	24	4.3.7 ADC 模块	190
2.3.1 红外光电式传感器	24	4.3.8 DAC 模块	202
2.3.2 激光传感器	29	4.3.9 PDB 模块	207
2.3.3 摄像头	32	4.3.10 DMA 模块	217
2.3.4 电磁传感器	39	4.3.11 DSPI 模块	231
2.3.5 加速度传感器	40	4.3.12 I ² C 模块	243
2.3.6 陀螺仪	46	4.3.13 SDHC 模块	254
2.3.7 光电编码器	48	第 5 章 智能车制作	272
第 3 章 MC9S12XS128 应用知识	50	5.1 智能车一般制作流程	272
3.1 MC9S12XS128 单片机简介	50	5.1.1 准备工作	273
3.2 编程与下载环境	50	5.1.2 学习和实验	274
3.2.1 CodeWarrior 的系统需求	51	5.1.3 制作和测试	275
3.2.2 CodeWarrior 开发环境介绍	51	5.1.4 车辆调试	276
3.3 MC9S12XS128 单片机内部功能 模块及例程	61	5.2 智能车机械调整	276
3.3.1 I/O 端口	62	5.2.1 重心调整	277

5.2.2	前轮定位	280	6.1.3	SD 记忆卡的 SPI 控制	318
5.2.3	舵机安装	282	6.2	MC9S12XS128 的 SCI 模块	324
5.2.4	其他调整	282	6.2.1	波特率控制寄存器 (SCIBDH、SCIBDL).....	324
5.3	传感器的采集及处理	284	6.2.2	SCI 控制寄存器 1 (SCICR1).....	325
5.3.1	光电组	284	6.2.3	控制寄存器 2(SCICR2).....	326
5.3.2	摄像头组	291	6.2.4	状态寄存器 1(SCISR1).....	326
5.3.3	电磁组	301	6.2.5	状态寄存器 2(SCISR2).....	328
5.4	PID 控制算法介绍.....	307	6.2.6	数据寄存器(SCIDRH、 SCIDRL)	328
5.4.1	PID 的概念	308	6.3	SD 卡存储程序	329
5.4.2	PID 的公式	308	6.3.1	SD 卡的主要操作	329
5.4.3	PID 参数的物理意义	309	6.3.2	SD 卡命令格式	331
5.4.4	PID 控制实例	310	6.3.3	MC9S12XS128 的 SPI 总线 初始化.....	331
第 6 章	智能车传感器信息采集的 大容量存储	312	6.3.4	SD 卡存储实现	332
6.1	SD 记忆卡的基本知识	312			
6.1.1	SD 记忆卡介绍	313			
6.1.2	SD 记忆卡硬件架构	313			

第 1 章

智能车大赛介绍

1.1 全国大学生智能车竞赛

全国大学生智能车竞赛由教育部高等自动化专业教学指导分委员会主办，以飞思卡尔半导体公司为协办方，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。到目前为止，该竞赛已发展成 30 个省、自治区、直辖市近 300 所高校广泛参与的全国性竞赛。2008 年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。

该竞赛由竞赛秘书处为各参赛队提供/（购置）规定范围内的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，是以迅猛发展、前景广阔的汽车电子为背景，涵盖自动控制、模式识别、传感技术、电子、电气、计算机、机械与汽车等多学科专业的创意性比赛。该竞赛规则透明，评价标准客观，坚持公开、公平、公正的原则，保证竞赛向健康、普及、持续的方向发展。

全国大学生智能汽车竞赛原则上由全国有自动化专业的高等学校（包括香港、澳门地区的高校）参赛。竞赛首先在各个分赛区进行报名、预赛，各分赛区的优胜队将参加全国总决赛。每届比赛根据参赛队伍和队员情况，分别设立光电组、摄像头组、电磁组、创意组等多个赛题组别。每个学校可以根据竞赛规则选报不同组别的参赛队伍。全国大学生智能汽车竞赛组织运行模式贯彻“政府倡导、专家主办、学生主体、社会参与”的 16 字方针，充分调动各方面参与的积极性。

1.2 车模和赛道简介

1.2.1 车模

竞赛采用秘书处统一指定的车模套件。第七届全国大学生智能车竞赛车模分为 A 型、B 型、C 型三种。

- （1）A 型车模：广东博思公司提供。限定摄像头组比赛使用，如图 1-1 所示。
- （2）B 型车模：北京科宇通博科技有限公司提供。限定光电组比赛使用，如图 1-2 所示。
- （3）C 型车模：广东博思公司提供。限定电磁组比赛使用，如图 1-3 所示。

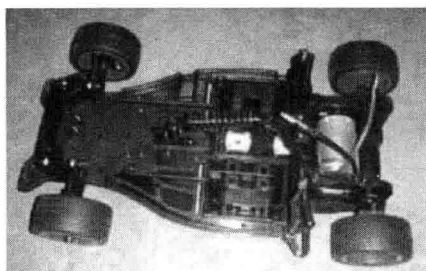


图 1-1 A 型车模

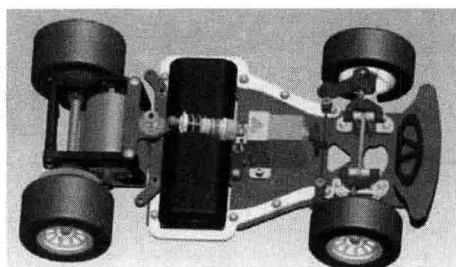


图 1-2 B 型车模

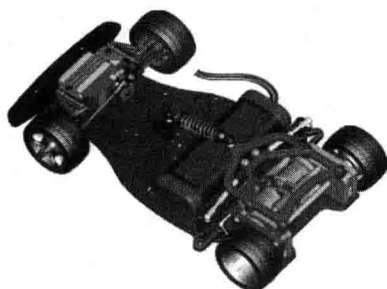


图 1-3 C 型车模

1.2.2 赛道

赛道基本参数（不包括拐弯点数目、位置以及整体布局）如下所述（以 2012 年第七届比赛规则为例）：

（1）赛道路面用专用白色 KT 基板制作，在初赛阶段时，跑道所占面积为 $5\text{ m} \times 7\text{ m}$ 左右，决赛阶段时跑道面积可以增大。

电磁组（车模直立行走）的赛道相对简单，长度短。

（2）赛道宽度不小于 45 cm 。赛道与赛道的中心线之间的距离不小于 60 cm ，如图 1-4 所示。

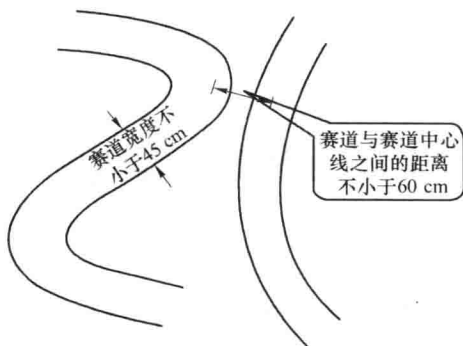


图 1-4 赛道宽度以及间距

（3）铺设赛道地板颜色不作要求，它和赛道之间的颜色可以有差别，但不做硬性要求。

（4）跑道表面为白色，赛道两边有黑色线，黑线宽 $25\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$ ，沿着赛道边缘粘贴，如图 1-5 所示。

(5) 电磁组赛道中心下铺设直径 0.1~0.8 mm 漆包线，其中通有 20 kHz、100 mA 的交变电流。



图 1-5 赛道颜色以及边线

频率范围为 $20\text{ kHz} \pm 1\text{ kHz}$ ，电流范围 $100\text{ mA} \pm 20\text{ mA}$ 。

(6) 跑道最小曲率半径不小于 50 cm。

(7) 跑道可以交叉，交叉角为 90° 。交叉路口黑色边缘线如图 1-6 所示。

(8) 光电组、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，如图 1-7 所示。电磁组的赛道没有坡道。

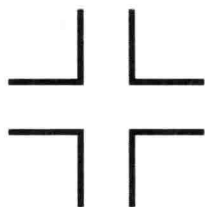


图 1-6 交叉路口示意图



图 1-7 坡道参数及示意图

(9) 赛道有一个长为 1 m 的起跑区，如图 1-8 所示，计时起始点两边分别有一个。长度 10 cm 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。在黑色计时起始线中间安装有永久磁铁，每边各三只。磁铁参数：直径 7.5~15 mm，高度 1~3 mm，表面磁通密度 3 000~5 000 Gs ($0.3\sim0.5\text{ T}$)。

作者按照第七届全国大学生智能汽车竞赛规则铺设的赛道如图 1-9 所示。

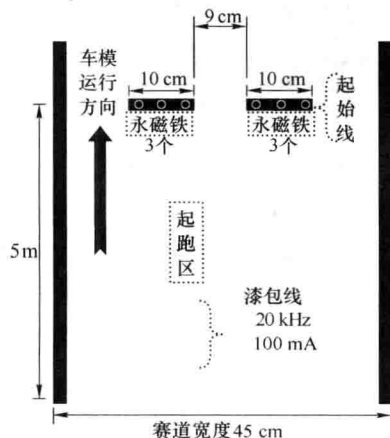


图 1-8 赛道出发区示意图



图 1-9 赛道实景图

1.3 芯片和开发软件

从第七届全国大学生智能汽车竞赛开始, 可选的控制芯片类型增加了很多。控制电路须采用飞思卡尔半导体公司的 8 位、16 位、32 位 MCU 作为唯一的微控制器。同一学校同一组别不同队伍之间需要采用飞思卡尔不同系列的微控制器。飞思卡尔不同系列的微控制器包括: 32 位 Kinetis 系列; 32 位 ColdFire 系列; 32 位 MPC56 $\times\times$ 系列; 8 位微控制器系列 (可使用 2 片); 16 位 DSC 系列; 16 位微控制器 9S12XS 系列; 16 位微控制器 9S12G 系列。核心控制模块可以采用组委会推荐的 K10、9S12XS128、MPC5604B, 也可以选用以上所述飞思卡尔公司微控制器自制控制电路板。每台模型车的电路板中只允许使用一种型号的微控制器。8 位微控制器最多可以使用 2 片, 16 位、32 位微控制器限制使用 1 片; 不得同时使用 8 位、16 位和 32 位微控制器。

本书主要介绍 MC9S12XS128 单片机和最新的基于 ARM Cortex M4 的 Kinetis 芯片。

飞思卡尔的 S12XS 系列汽车微控制器是为了满足设计灵活性和平台兼容性需求, 专门针对一系列成本敏感的汽车车身电子应用而推出的。MC9S12XS128 具有 40 MHz 的总线频率, 128 KB 闪存, 可配置 8 位、10 位或 12 位模数转换器 (ADC), 可以实现 3 μ s 的转换时间, 支持控制区域网 (CAN)、本地互联网 (LIN) 和串行外设接口 (SPI) 协议, 带有 16 位计数器、8 通道定时器。MC9S12XS128 的最小系统板如图 1-10 所示。

飞思卡尔的 Kinetis 系列微控制器是 2010 年下半年推出的, 是业内首款基于 ARM Cortex M4 内核的微控制器。Kinetis 微控制器基于飞思卡尔创新的 90 nm 薄膜存储器 (TFS) 闪存技术, 具有独特的 Flex 存储器 (可配置的内嵌 EEPROM)。Kinetis 微控制器系列融合了最新的低功耗技术, 具有高性能、高精度的混合信号能力, 宽广的互连性, 人机接口和安全外设。飞思卡尔公司以及其他大量的 ARM 第三方应用商提供对 Kinetis 微控制器的应用支持。Kinetis 芯片的最小系统板如图 1-11 所示。

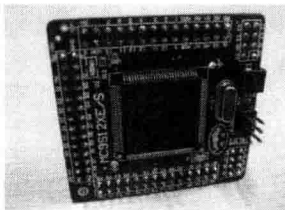


图 1-10 MC9S12XS128 的最小系统板

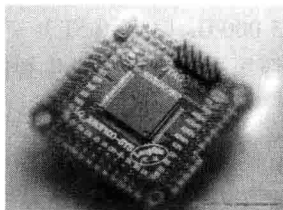


图 1-11 Kinetis 芯片最小系统板

CodeWarrior 是飞思卡尔公司研发的专门面向飞思卡尔 MCU 与 DSP 嵌入式应用开发的商业软件工具, 功能强大, 是制作智能车首选的开发软件。如果选择 MC9S12XS 单片机作为控制芯片, 则可选用 CodeWarrior 5.5 作为开发平台。如果选用 Kinetis 作为控制芯片, 则可选用 CodeWarrior 10 作为开发平台, 也可以选用 Keil 或 IAR 作为开发平台。本书主要针对 CodeWarrior 开发环境介绍这两款芯片。

1.4 比赛规则

在智能车的官方网站 (<http://www.smartcar.org.cn>) 上可以下载到每年最新的规则说明。这

里笔者引用第七届全国大学生智能汽车竞赛的比赛规则。

1.4.1 车模运行规则

光电组，摄像头组：车模正常运行。

车模使用 A 型车模（摄像头组）、B 型车模（光电组）。车模运行方向为：转向轮在前，动力轮在后，如图 1-12 所示。

电磁组：车模直立行走。

使用 C 型车模。车模运行时只允许动力轮着地，车模直立行走，如图 1-13 所示。

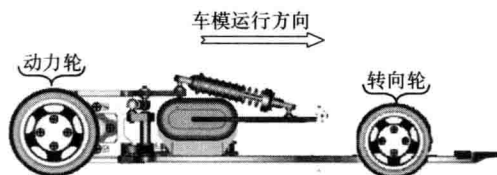


图 1-12 光电组和摄像头组车模运行方向

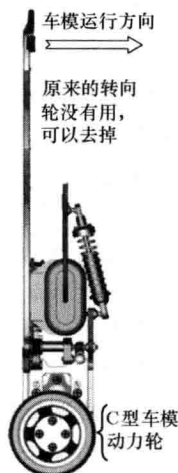


图 1-13 电磁组车模运行状态

1.4.2 各赛题组传感器限制

(1) 参加电磁赛题组不允许使用光学传感器获得道路的光学信息，但是可以使用光电码盘测量车速。

(2) 参加光电赛题组不允许使用图像传感器获取道路图像信息进行路径检测。

(3) 参加摄像头赛题组可以使用光电管作为辅助检测手段。

(4) 非电磁组的赛道不保证有电磁信号。

1.4.3 车模尺寸限制

摄像头组车模改装完毕后，车模尺寸不能超过 250 mm 宽和 400 mm 长。光电组车模改装完毕后，车模尺寸不能超过 350 mm 宽和 400 mm 长。电磁组车模改装完毕后，车模尺寸宽度不超过 250 mm，长度没有限制。

1. 初赛与决赛规则

1) 初赛阶段规则

(1) 比赛场中有三条赛道。

(2) 参赛队根据比赛题目分为三个组，并以抽签形式决定组内比赛次序。

(3) 比赛分为两轮，三个赛题组同时在这三个赛道上进行比赛，每支参赛队伍可以在每轮比赛之前有 10 min 的现场调整时间。在此期间，参赛队伍只允许对赛车的硬件（不包括微控制器

芯片)进行调整。第二轮比赛在同一赛道沿逆向进行。

(4) 在每轮比赛中,选手首先将赛车放置在起跑区域内赛道上,赛车至少静止 2 s 后自动启动。对于电磁组不要求赛车静止 2 s 启动。

(5) 每辆赛车在赛道上跑一圈,以计时起始线为计时点,跑完一圈后赛车需要自动停止在起始线之后 3 m 之内的赛道内,如果没有停止在规定的区域内,比赛计时成绩增加 1 s。对于电磁组比赛不要求车模停止在起跑线之后 3 m 之内的赛道上。

(6) 每辆赛车以在两个单轮成绩中较好的一个作为赛车最终初赛成绩;计时由电子计时器完成并实时显示。

(7) 根据参赛队伍数量,由比赛组委会根据成绩选取一定比例的队伍晋级决赛。

(8) 晋级决赛的赛车在决赛前有 10 min 的调整时间。在此期间,参赛队伍只允许对赛车的硬件(不包括微控制器芯片)进行调整。技术评判组将对全部晋级的赛车进行现场技术检查,如有违反器材限制规定的(指本规则之第一条)立即取消决赛资格,由后备首名晋级代替。

(9) 由裁判组申报组织委员会批准公布决赛名单。

(10) 全部车模在整个比赛期间统一放置在车模的展示区内。

2) 决赛阶段规则

(1) 参加决赛队伍按照预赛成绩进行排序,比赛顺序按照预赛成绩的倒序进行。

(2) 决赛的比赛场地使用一个赛道。决赛赛道与预赛赛道形状不同,占地面积会增大,赛道长度会增加。电磁组可能另外单独铺设跑道。

(3) 每支决赛队伍只有一次比赛机会,在跑道上跑一圈,比赛过程与要求同预赛阶段。

(4) 计时由电子计时器完成并实时显示。

(5) 预赛成绩不记入决赛成绩,只决定决赛比赛顺序。没有参加决赛阶段比赛的队伍,预赛成绩为最终成绩,参加该赛题组的排名。

2. 比赛过程规则

按照比赛顺序,裁判员指挥参赛队伍顺序进入场地比赛。同一时刻,一个场地上只有一支队伍进行比赛。

在裁判员点名后,每队指定一名队员持赛车进入比赛场地。参赛选手有 30 s 的现场准备时间。准备好后,裁判员宣布比赛开始,选手将赛车放置在起跑区内,即赛车的任何一部分都不能超过计时起始线。赛车应在起跑区静止 2 s 以上,然后自动出发(电磁组直立行走车模不要求静止 2 s)。赛车应该在 30 s 之内离开出发区,沿着赛道跑完一圈。由计时起始线传感器进行自动计时。赛车跑完一圈且自动停止后(电磁组直立行走车模不要求自动停止),选手拿起赛车离开场地,将赛车放置回指定区域。

如果比赛完成,由计算机评分系统自动给出比赛成绩。

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行裁定。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。

(1) 裁判点名后,30 s 之内,参赛队没有能够进入比赛场地并做好比赛准备。

(2) 比赛开始后,赛车在 30 s 之内没有离开出发区。

(3) 赛车在离开出发区之后 60 s 之内没有跑完一圈。

比赛过程中如果出现有如下一种情况, 判为比赛失败:

(1) 赛车冲出跑道的次数超过两次。

(2) 比赛开始后未经裁判允许, 选手接触赛车。

(3) 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。

比赛禁止事项:

(1) 不允许在赛车之外安装辅助照明设备及其他辅助传感器等。

(2) 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。

(3) 比赛场地内, 除了裁判与一名队员之外, 不允许任何其他人员进入场地。

(4) 不允许其他干扰赛车运动的行为。

(5) 不允许赛车的任何传感器或者部件损毁跑道。

(6) 不允许抄袭车模设计方案, 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。

良好的硬件电路设计方案是智能车跑得又快又稳的基础。智能车的硬件电路主要包括稳压电源、单片机最小系统、寻迹传感器、电动机驱动、测速传感器等几个方面，下面分别进行介绍。

2.1 电源稳压电路设计

电源设计除了需要考虑电压范围和电流容量等基本参数之外，还要在电源转换效率、降低噪声、防止干扰和电路简单等方面进行优化。可靠的电源方案是整个硬件电路稳定可靠运行的基础。稳压电源是智能车硬件系统的重要组成部分，通常所携带的电能为 $2\ 000\ \text{mA} \cdot \text{h}$ 左右，额定电压为 $7.2\ \text{V}$ 的 SC 型镍镉电池组，采用低压差集成稳压器、开关式电源变换器，为智能车不同的控制功能提供多路电源电压。各种稳压器电路除了要满足稳定电压的要求外，还要满足电流需求，同时考虑发热情况，并保留一定的冗余。智能车供电电源的示意框图如图 2-1 所示。

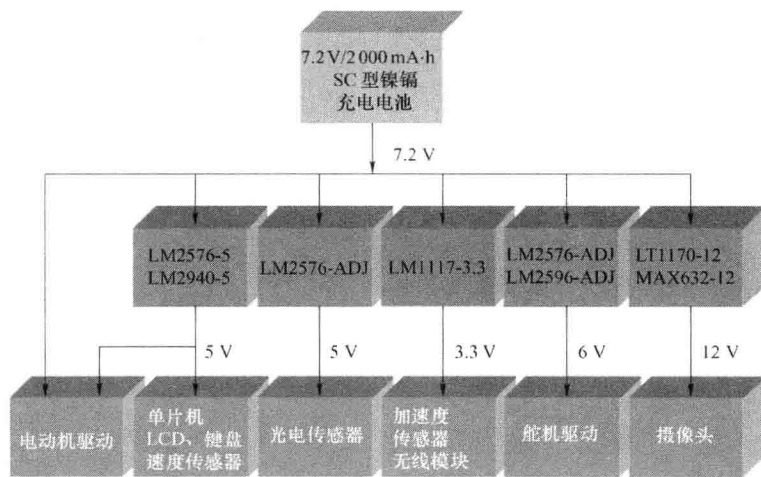


图 2-1 智能车供电电源示意框图

2.1.1 低压差集成稳压器

1. 低压差集成稳压器的性能特点

低压差集成稳压器（Low Dropout Regulator, LDO）是最简单的线性稳压器。由于其本质是直流无开关电压转换，所以它只能把输入电压降为更低的电压，属于非隔离电源器件。它的转换效率近似等于输出电压与输入电压的比值。低压差集成稳压器比传统的线性稳压器的最大电源转换效率高；比开关式电压稳压器的结构简单，稳压的线性度非常好，而且，噪声和纹波更