

全国大学生
智能汽车竞赛指导系列丛书

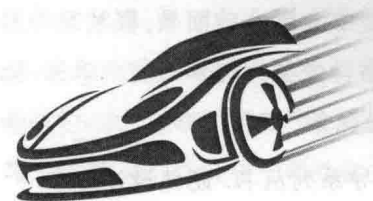


硬件设计

主编 程玉华

高等教育出版社

全国大学生 智能汽车竞赛指导系列丛书



硬件设计

主编 程玉华

参编 邱根 徐洁 刘震

陈凯 马文建

高等教育出版社·北京

内容简介

本系列丛书以全国大学生智能汽车竞赛为背景,内容分为四个部分:第一部分是基础知识,主要介绍全国大学生智能汽车竞赛的主要形式、竞赛规范和赛场纪律、竞赛流程;第二部分是硬件设计,主要介绍本竞赛所需的电源电路设计、电机驱动电路设计、测速模块设计、陀螺仪和加速度传感器电路设计、单片机最小系统设计、辅助外设电路设计,以及 PCB 实体电路设计;第三部分是软件设计,主要围绕本竞赛所使用的 K60 系列 MCU 的软件设计进行讲授,包括时钟和中断系统、端口与引脚控制、定时器、串行协议通信、A/D 转换模块等的软件设计,以及智能车系统软件设计;第四部分是系统设计,按照本竞赛分组类别,分为摄像头车系统设计、平衡车(光电组)系统设计、电磁车系统设计、电轨车系统设计。

本系列丛书以大学生科技竞赛课程化建设为目标,以电子信息类专业课程知识为基础,同时涵盖自动控制、模式识别、传感技术、汽车电子、电气、计算机、机械与汽车等多学科专业知识,可作为各类大学生科技竞赛、探索性实践训练指导书和教师教学的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

全国大学生智能汽车竞赛指导系列丛书. 硬件设计 / 程玉华主编. -- 北京: 高等教育出版社, 2019.7

ISBN 978-7-04-051424-7

I. ①全… II. ①程… III. ①智能控制-汽车-高等学校-教材 IV. ①U46

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 035854 号

策划编辑 高云峰 责任编辑 高云峰 封面设计 李小璐 版式设计 杜微言
插图绘制 于博 责任校对 刁丽丽 责任印制 刁毅

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 北京玥实印刷有限公司
开 本 787 mm×1092 mm 1/16
印 张 11.25
字 数 240 千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 2019 年 7 月第 1 版
印 次 2019 年 7 月第 1 次印刷
定 价 35.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 51424-00

前言

全国大学生智能汽车竞赛是以智能汽车为研究对象的创造性科技竞赛,是面向全国大学生的一种具有探索性的工程实践活动,是教育部倡导的大学生科技竞赛之一。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。

本竞赛以“立足培养、重在参与、鼓励探索、追求卓越”为指导思想,旨在提高高等学校素质教育水平,培养大学生对知识的综合运用能力、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。

本竞赛以竞速赛为基本竞赛形式,辅助以创意赛和技术方案赛等多种形式。竞速赛要求参赛队伍以统一规范的标准软硬件为技术平台,制作一部能够自主识别道路的汽车模型,汽车模型按照规定路线行进,并符合预先公布的其他规则,以完成时间最短者为优胜。创意赛是在统一限定的基础平台上,充分发挥参赛队伍想象力,以创意任务为目标,完成竞赛作品。竞赛成绩由专家组和现场观众综合评定。技术方案赛是以学术为基准,通过现场方案交流、专家质疑评判以及现场参赛队员和专家投票等形式,评选出参赛队伍中优秀的技术方案,其目标是提高参赛队员的创新能力,鼓励队员之间相互学习交流。

本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,要求学生组成团队并协同工作,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。本竞赛融科学性、趣味性和观赏性为一体,是以迅猛发展、前景广阔的智能汽车为背景,涵盖自动控制、模式识别、传感技术、汽车电子、电气、计算机、机械、能源等多学科专业的创意性比赛。本竞赛规则透明,评价标准客观,坚持公开、公平、公正的原则。本竞赛正向着健康、普及、持续的方向发展。

编者在多年指导智能汽车竞赛的基础上,根据学生对知识的认识规律,精心对教学内容进行筛选,并组织富有经验的指导教师和参赛获奖学生共同编写了全国大学生智能汽车竞赛指导系列丛书,本书为系列丛书的第二本——硬件设计。本书共分为八章:第一章对智能汽车竞赛硬件设计进行了概述,第二章介绍了各模块的电源电路设计,第三章介绍了电机驱动电路设计,第四章介绍测速模块设计,第五章介绍陀螺仪和加速度传感器电路设计,第六章介绍单片机最小系统电路设计,第七章介绍辅助外设电路设计,第八章介绍 PCB 实体电路设计。

本书介绍电路设计时,也对每个模块的原理进行了解析,让读者在了解原理的基础上,再对电路进行设计,从而学到更深、更广、更多的知识。这样,参赛队员不仅仅是为了获奖而参加比赛,更是为了学习而参加比赛。

感谢电子科技大学教务处和自动化工程学院对本丛书的大力支持,感谢学校智能汽车队全体队员提供的宝贵资料及对本丛书提出的宝贵建议。

鉴于作者水平有限,书中难免存在不足和错误之处,恳请读者提出宝贵的意见和建议,以便再版时改进。

编者

2018年10月于成都

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581999 58582371 58582488

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社法律事务与版权管理部

邮政编码 100120

目 录

第一章 硬件设计概述	1	4.2 光电编码器设计	60
1.1 模块概述	1	4.2.1 低成本光电码盘设计	60
1.2 硬件设计流程	2	4.2.2 高精度光电编码器设计	61
第二章 电源电路设计	4	4.3 小结	64
2.1 电池概述	4	第五章 陀螺仪和加速度传感器电路	
2.2 线性稳压电路和开关稳压电路概述	6	设计	65
2.2.1 线性稳压电路	6	5.1 MEMS 惯性传感器工作原理	65
2.2.2 开关稳压电路	12	5.1.1 MEMS 陀螺仪工作原理	65
2.3 模块电路设计	26	5.1.2 MEMS 加速度传感器工作原理	66
2.3.1 单片机电源电路设计	26	5.1.3 MEMS 惯性传感器主要技术指标	67
2.3.2 舵机电源电路设计	30	5.2 陀螺仪和加速度传感器电路需求	69
2.3.3 特殊升压电源电路设计	32	5.2.1 四轮车需求	69
2.3.4 传感器及其他外设电源电路设计	34	5.2.2 两轮平衡车需求	69
2.4 小结	35	5.3 陀螺仪传感器电路设计	70
第三章 电机驱动电路设计	37	5.3.1 模拟陀螺仪传感器	70
3.1 控制原理介绍	37	5.3.2 数字陀螺仪传感器	72
3.1.1 直流电机基本工作原理	37	5.4 加速度传感器电路设计	76
3.1.2 直流电机数学模型	38	5.4.1 模拟加速度传感器	77
3.1.3 直流电机调速控制原理	39	5.4.2 数字加速度传感器	81
3.1.4 直流电机 PWM 调速基本原理	40	5.5 陀螺仪和加速度传感器数据融合	85
3.1.5 H 桥基本原理	42	5.6 小结	85
3.2 电机驱动电路	43	第六章 单片机最小系统设计	86
3.2.1 集成芯片电路设计	44	6.1 单片机最小系统电路设计需求	86
3.2.2 分立元件电路设计	48	6.2 电源电路	86
3.3 小结	53	6.3 时钟电路	88
第四章 测速模块设计	54	6.3.1 单片机时钟选择	88
4.1 测速编码器简介	54	6.3.2 时钟电路设计	90
4.1.1 增量式编码器	54	6.4 复位电路	94
4.1.2 绝对式编码器	56	6.4.1 复位电路可靠性与抗干扰分析	94
4.1.3 光电编码器	57	6.4.2 专用芯片复位电路	97
4.1.4 磁阻式编码器	58	6.5 JTAG 接口电路	100
4.1.5 编码器的选择	59	6.5.1 JTAG 电路简介	100
		6.5.2 JTAG 电路设计	102
		6.6 小结	102

第七章 辅助外设电路设计	103	7.7 双车测距	126
7.1 交互键盘	103	7.7.1 超声波测距	127
7.1.1 独立键盘	103	7.7.2 红外测距	131
7.1.2 矩阵键盘	104	7.7.3 超声波和红外结合测距	133
7.2 液晶显示	106	7.8 小结	134
7.2.1 液晶概述	106	第八章 PCB 实体电路设计	135
7.2.2 OLED12864 液晶	106	8.1 电路板外形设计	135
7.3 拨码开关	110	8.1.1 主板外形设计	135
7.4 串口通信	111	8.1.2 采集板外形设计	135
7.4.1 CH340 功能概述	111	8.1.3 驱动板外形设计	137
7.4.2 CH340 引脚说明	112	8.2 PCB 设计规范	137
7.4.3 CH340 应用设计	114	8.2.1 元器件库制作规范	138
7.5 无线通信	118	8.2.2 原理图规范	152
7.5.1 蓝牙模块	119	8.2.3 PCB 规范	156
7.5.2 2.4 G 无线通信模块	120	8.3 小结	170
7.6 SD 卡读写	124	参考文献	171
7.6.1 SD 卡简介	124		
7.6.2 电路设计	126		

第一章 硬件设计概述

1.1 模块概述

在智能汽车的整体设计中,硬件设计至关重要。良好的硬件设计是智能汽车稳定运行的基本保证。

智能汽车的硬件模块大致可分为电源电路、传感电路、单片机最小系统电路、驱动电路和其他辅助外设电路 5 个部分,其整体方案示例如图 1-1 所示。

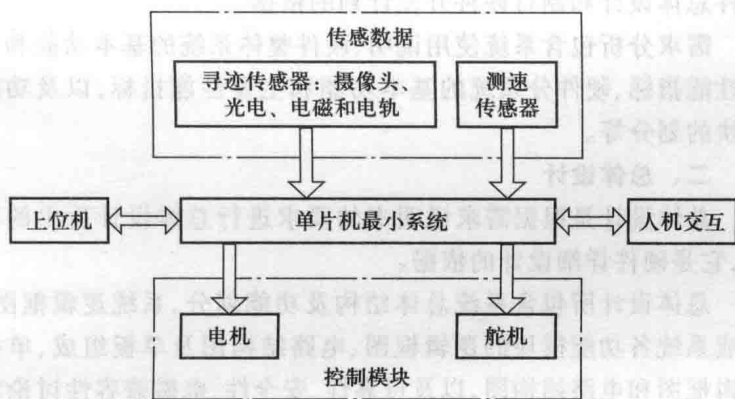


图 1-1 智能汽车整体方案示例图

NOTE

电源电路为硬件系统供电,是系统工作最基本的保证,可以将其比作人体的血液。

传感电路主要包括不同组别的智能汽车在识别赛道时使用的传感器及其外围电路,如摄像头使用的图像采集“硬件二值化”电路、电磁的“选频”“放大”“检波”电路、直立平衡车的加速度计和陀螺仪电路,以及所有组别都会用到的测速编码器等。传感电路可比作人体的眼睛。本书主要介绍传感电路中的测速模块、加速度传感器和陀螺仪电路,其他的传感电路在系统设计中介绍。

单片机最小系统电路是智能汽车的控制核心,它可比作人体的大脑。

驱动电路主要是电机和舵机的驱动电路,它可比作人体的手脚。

其他辅助外设电路包括信号的缓冲、光电隔离等电路。

1.2 硬件设计流程

完整的硬件设计流程大致分为需求分析、总体设计、详细设计和测试调试4个步骤,下面逐一进行介绍。

一、需求分析

需求分析描写硬件的开发目标、基本功能、基本配置、主要性能指标、运行环境、约束条件,以及开发经费和进度等要求。它是硬件总体设计和制订硬件开发计划的依据。

需求分析包含系统使用说明、硬件整体系统的基本功能和主要性能指标、硬件分系统的基本功能和主要性能指标,以及功能模块的划分等。

二、总体设计

总体设计是根据需求说明书的要求进行总体设计后出的报告,它是硬件详细设计的依据。

总体设计所包含系统总体结构及功能划分、系统逻辑框图、组成系统各功能模块的逻辑框图、电路结构图及单板组成、单板逻辑框图和电路结构图,以及可靠性、安全性、电磁兼容性讨论和硬件测试方案等内容。

三、详细设计

详细设计应深入系统硬件的具体设计,着重体现硬件逻辑框图及各功能模块的详细说明,各功能模块的实现方式、地址分配、控制方式、接口方式、存储器空间、中断方式、接口管脚信号的详细定义、时序说明、性能指标、指示灯说明、外接线定义、可编程器件图、功能模块说明、原理图、详细物料清单,以及硬件测试、调试计划。其中,地址分配、控制方式、接口方式、中断方式是编写软件的基础,一定要详细写出。

NOTE

四、测试调试

在硬件测试过程中,应对调试过程做好记录。调试文档应包括硬件功能模块划分、硬件各模块调试进度、调试中出现的问题及解决方法、原始数据记录、系统方案修改说明、硬件方案修改说明、器件改换说明、原理图、PCB 图修改说明、可编程器件修改说明、调试工作阶段总结、调试进展说明、下阶段调试计划及测试方案的修改等内容。

NOTE

二 蒙

第二章 电源电路设计

NOTE

在现代电子应用中,普通型和低压差(low dropout, LDO)型的三端线性电源和开关电源应用都非常广泛。在一般应用中,考虑到各类因素,还可以采用很多不同的稳压电路设计。

LDO 能在较宽的输入电压范围和较大的负载电流情况下保持设定的输出电压,并且输入和输出之间的压差可以很小。就目前技术水平而言,当负载电流为 2 A 时,压降可以低至 80 mV。在系统开发的后期阶段必须增加专用的 LDO 给各器件供电,主要用于辅助降低噪声,解决由电磁干扰(electro magnetic interference, EMI)和印刷电路板(printed circuit board, PCB)布线造成的稳压问题,并可通过减小不需要的功耗来提高系统效率。

线性稳压电路具有结构简单、调节方便、输出电压稳定性强、纹波电压小等优点。但是,由于传输晶体管始终工作在放大状态,自身功耗较大,导致效率较低,甚至仅为 30%~40%。可以推断,如果传输晶体管工作在开关状态,当其工作在截止状态时,因电流很小,则管耗很低;当其工作在饱和状态时,因压降很小,则管耗也很低,这样可以大大提高电路的效率。开关型稳压电路中的调整管工作在开关状态,其效率可达 70%~95%。

2.1 电池概述

在设计电源电路之前,首先需要充分了解智能汽车的特性。智能汽车的充电电池为镍镉电池,电池规格为 7.2 V/2 000 mAh,经实测该电池在充满电后,电压能达到 8.5 V 左右。随着电池的使用,其电压会缓慢下降,当电压下降到 7.2 V(B 型车模大概为 7.5 V)以下时,电池就不能提供足够的电流给电机。此时,需要更换充满电的电池以保持智能汽车的快速运行。以下为可充电

镍镉电池使用中的注意事项。

一、正确充电

电池充电不足将直接影响智能汽车的运行时间,而过充电又会降低电池性能,甚至发生危险。因此,需要合理充电,既将电池充满又不能过充。建议参赛队员使用比赛标配的充电器。该充电器是为玩具电池设计的廉价充电器,内部没有智能充电的控制电路,只能采用恒功率充电模式。当然,这种充电方式并不是最好的,参赛队员可自行研制充电器,如采用 $-\Delta V$ 充电控制方法,即当电池充满电时,电池电压会达到峰值,然后电压会下降。当电压下降到一定值时,停止充电。此时浮充电电压为 $-\Delta V$ 值,大约几十毫伏。

二、合理放电

由于镍镉电池具有记忆效应,对电池不完全放电将会降低电池的容量,过度放电又会导致电池内部结构变化,对电池造成永久的损害。因此,对电池合理放电同样是需要参赛队员考虑的问题。

通常当电池电压为7.2 V以下时,需要将电池放电一段时间后再进行充电。参赛队员可自行设计一个简易的电子负载,先对电池进行高电流放电,当电压为6.5 V左右时开始进行低电流慢速放电,当电压为6 V左右时停止放电,再将电池放置一段时间后即可再次充电。

三、其他注意事项

其他注意事项还有:一定要避免电池外部短路;不得将电池投入火中或水中,绝对禁止加热电池;不得在电池上直接进行焊接;不得拆解电池;电池不能长时间大电流充电或过度放电;注意电池正负极,不要接反;不同型号、不同制造商的电池不得混用,新旧电池也不得混用。短路和过度放电都会毁坏电池。如果电池的极间电压远低于6 V,说明电池已经被损坏,给已经损坏的电池充电,不但不可能修复电池还可能有危险。电池电压充不上去,会使充电电流很大,有可能损坏充电器,电池本身也会过热、爆裂,甚至造成人员伤害。

NOTE



图 2-1-1 电池充电/放电电路

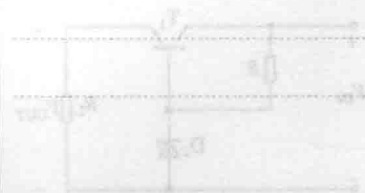


图 2-1-2 电池充电/放电电路

2.2 线性稳压电路和开关稳压电路概述

2.2.1 线性稳压电路

一、基本稳压电路

基本稳压二极管并联稳压电路如图 2-1 所示。在齐纳电压达到雪崩电压的转折点时,由于稳压二极管的作用,齐纳电流增加时,二极管两端的反相电压基本保持不变,则与之并联的负载电压也保持不变。对于此类稳压电路来说,为保证其性能, V_{IN} 必须高于 V_{OUT} 。由于齐纳电压和 R_S 的压降之和等于输入电压,因此,当电流增加时,电路迫使多余的电压降在 R_S 的两端。由于齐纳二极管和负载是并联关系,则流过二极管的电流大大增加了稳压器的功耗。

图 2-1 所示的稳压电路输出电流有限,主要受稳压二极管稳压电流的限制。通过将稳压二极管的输出电流作为晶体管的基极电流,晶体管的发射极电流作为负载电流,电路采用射极输出的形式,可大大提高此稳压电路的输出电流,其电路原理如图 2-2 所示。当 V_{IN} 增大或者负载电阻 R_L 增大时,输出电压 V_{OUT} 也会随之增大,则晶体管发射极电位 U_E 会升高。由于负载电阻 R_L 两端的电压等于稳压二极管上的电压减去串联晶体管 T_1 的基极到发射极的结压降 (U_{BE}),而稳压二极管电压基本不变,即晶体管基极电位 U_B 基本不变。因此, U_{BE} 将减小,导致 I_B (I_E) 减小,从而迫使 V_{OUT} 减小。因此,通过引入电压负反馈,使 V_{OUT} 基本保持不变。当 V_{IN} 减小或者负载电阻 R_L 减小时,工作过程与上述相似。

在图 2-2 电路中,晶体管基极的最大电流等于稳压二极管的输出电流,因此,此电路的负载电流调节范围为

$$I_{Lmax} = (1 + \beta)(I_{Zmax} - I_{Zmin}) \quad (2-1)$$

可见,负载电流的调节范围大大提高了。

从上述稳压过程可推断出,晶体管要起到调节作用就必须工作在放大状态,其管压降应大于饱和管压降 V_{CES} ,即满足 $V_{IN} \geq$

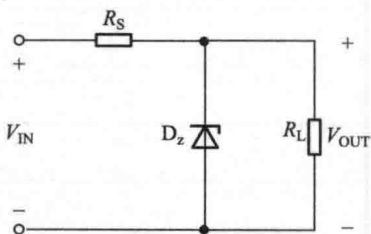


图 2-1 基本稳压二极管并联稳压电路

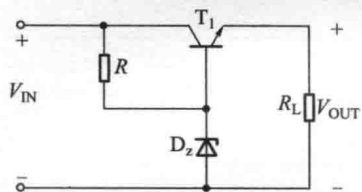


图 2-2 串联晶体管稳压电路

NOTE

$V_{OUT} + V_{CES}$ 。因晶体管工作在线性区,则此类电路被称为线性稳压电路。

二、具有放大环节的串联型稳压电路

1. 电路构成

图 2-3 所示为带反馈的串联晶体管稳压电路,其性能比上面介绍的两种稳压电路更好。晶体管 T_1 为传输晶体管,电阻 R 和稳压二极管 D_Z 构成基准参考电压,电阻 R_1 、 R_2 和 R_3 为输出电压的采样电路,集成运放 A 作为误差放大器。传输晶体管、基准参考电压、采样电路和误差放大器为串联型稳压电路的基本组成部分。

2. 电路原理

为了扩大输出电流,误差放大器的输出端接到传输晶体管的基极,传输晶体管保持射极输出形式,这样就构成了具有放大环节的串联型稳压电路。由于误差放大器的差模增益一般在 80 dB 以上,其输出电阻趋近于零,电路引入深度电压负反馈,因此输出电压相当稳定。

图 2-3 所示稳压电路的工作原理如下:当输入电压波动或者负载电阻变化导致输出电压 V_{OUT} 升高(或降低)时,采样电路将此变化趋势送给误差放大器的反相输入端,并与同相输入端的参考电压进行比较放大;误差放大器的输出电压(即传输晶体管的基极电位)将降低(或升高);由于采用射极输出形式,输出电压 V_{OUT} 将会降低(或升高),从而使 V_{OUT} 稳定。

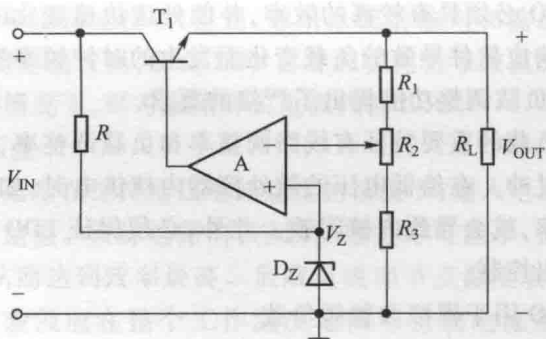


图 2-3 带反馈的串联晶体管稳压电路

3. 输出电压可调范围

图 2-3 所示稳压电路中,对于理想运放, $V_N = V_P = V_{D_Z}$ 。因此,当电位器 R_2 滑到最上端时,输出电压达到最小,其值为

$$V_{OUT(\min)} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_2 + R_3} V_{D_Z} \quad (2-2)$$

NOTE

NOTE

当电位器 R_2 滑到最下端时,输出电压达到最大,其值为

$$V_{\text{OUT(max)}} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_3} V_{\text{Dz}} \quad (2-3)$$

4. 电路效率

图 2-3 所示稳压电路的效率公式为

$$A_p = \frac{V_{\text{OUT}} I_{\text{OUT}}}{V_{\text{IN}} (I_{\text{OUT}} + I_Q)} \times 100\% \quad (2-4)$$

可以看出,提高效率的途径是降低静态电流 (I_Q) 和前向压降。如今的 LDO 具有相当低的 I_Q 。这样, LDO 的效率公式可以简化为 $(V_{\text{OUT}}/V_{\text{IN}}) \times 100\%$ 。因此,当电源电压和负载电压之间的压差很小时效率更高。由于 LDO 无法存储大量的未使用能量,没有提供给负载的功率将在 LDO 中以热量形式消耗掉,即

$$P = (V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}}) I_{\text{IN}} \quad (2-5)$$

使能输入端允许通过外部电路控制 LDO 的启动和关闭,并允许在多电压轨系统中按正确的顺序加电。软启动可以在上电期间限制浪涌电流和控制输出电压上升时间。

三、线性稳压器的应用设计要求

1. LDO 用于数字负载

像 ADP170 和 ADP1706 这类数字线性稳压器主要用于满足系统的数字模块要求,通常是微处理器内核和系统的输入/输出电路。用于数字信号处理 (digital signal processing, DSP) 和微控制器的 LDO 必须具有较高的效率,并能处理快速变化的大电流。为了快速响应软件导致的负载变化而发生的时钟频率变化,系统对 LDO 的负载调整功能提出了严格的要求。

数字负载的重要特征有线路调整率和负载调整率,以及瞬态的下冲和过冲。在给低电压的微处理器内核供电时,如果没有足够的调整率,就会导致内核闭锁。此外,必须保证 LDO 具有非常精确的输出控制。

2. LDO 用于模拟和射频负载

像 ADP121 和 ADP130 这类器件具有的低噪声和高电源抑制比 (power supply rejection ratio, PSRR) 的性能,对模拟环境中使用的 LDO 来说非常重要,因为模拟器件比数字器件对噪声更敏感。在考虑模拟线性稳压器时,器件需要抑制来自上游电源和下游负载的噪声,并保证自身不增加噪声。模拟稳压器噪声用电压有效值来衡量,当用于敏感电路时,该值应低于 35 mV。PSRR 反

映 LDO 对电源线上的上游噪声的抑制能力,其值应高于 60 dB。LDO ADP150 具有 9 mV 的输出噪声和 70 dB 的 PSRR,是为敏感模拟电路供电的理想电源芯片。

通过增加外部滤波器或者旁路电容可以减小噪声,但会增加 PCB 的成本和尺寸。在应用设计时,必须仔细理解 LDO 的内部设计,这有助于降噪和抑制电源噪声。

四、LDO 关键指标的定义

芯片制造商数据手册一般有一些摘要信息,通常是器件的一些关键的或吸引人的性能参数。关键参数是为了强调典型的性能特征,但只有通过查阅数据手册的完整指标和其他数据后才能全面了解器件。由于不同制造商提供指标的方式几乎没有统一标准,因此,设计者必须深入理解 LDO 的关键性能指标,以提高系统设计的可靠性。下面讨论 LDO 的关键性能指标参数。

1. 输入电压范围

LDO 的输入电压范围决定了最低和最高的可用输入电源电压门限。手册可能提供比较宽的输入电压范围,但最低的输入电压必须超过 LDO 自身压降加上设定的输出电压值。例如,压降 300 mV,输出电压 3.3 V,则输入电压必须大于 3.6 V。如果输入电压低于 3.6 V,就会导致输出电压低于 3.3 V。另外,在选择 LDO 时,也应该注意其最高输入电压的限制。目前,很多 LDO 的最高输入电压都比较小,但是,如果系统的输入和输出的压差很大,且输出电流较高,那么 LDO 自身的功耗将导致其失去实用价值。这种情况下,可考虑用开关电源代替 LDO。

2. 压差

压差是指在保持输出电压稳定的情况下,输入电压和输出电压之间的差值。设计电路时,应该使压差尽可能小,这样可以降低功耗,从而达到效率最高。负载电流和节点温度会影响压差。最大的压差值应在整个工作温度范围和负载电流条件下进行测量。

3. 静态电流

静态电流 I_Q 是指输入电流 I_{IN} 和负载电流 I_{OUT} 之间的差值,要求在规定的负载电流下进行测量。对于固定电压线性稳压器, I_Q 等于接地电流 I_C 。而对于可调线性稳压器,静态电流等于接地电流减去来自外部分压电阻网络中的电流。

NOTE