



全国大学生电子设计竞赛“十二五”规划教材

全国大学生电子设计竞赛

ARM嵌入式系统应用设计与实践

黄智伟 税梦玲 张 强 欧科军 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

全国大学生电子设计竞赛“十二五”规划教材

全国大学生电子设计竞赛 ARM 嵌入式系统应用设计与实践

黄智伟 税梦玲 张 强 欧科军 编著



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

针对全国大学生电子设计竞赛的特点和要求编写的 ARM 嵌入式系统应用设计与实践共有 9 章,内容包括:LPC214x ARM7 微控制器最小系统的设计与制作,LED、LCD 和触摸屏显示电路的设计与制作,ADC 和 DAC 电路的设计与制作,直流电机、步进电机和舵机的驱动电路,光电、超声波、图像识别、色彩识别、电子罗盘、倾角传感器和角度传感器的应用,E²PROM 电路及应用,无线数据传输与 CAN 总线应用,系统应用设计,ADS 和 MDK 集成开发环境以及 ISP 下载方法。

本书是以 ARM 嵌入式系统在全国大学生电子设计竞赛中应用所需要的知识点为基础,以实例为模板,工程性强,可以作为高等院校电子信息、通信工程、自动化、电气控制类专业学生参加全国大学生电子设计竞赛的培训教材,也可供参加各类电子制作、课程设计、毕业设计以及进行电子电路设计与制作的电子工程技术 人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

全国大学生电子设计竞赛 ARM 嵌入式系统应用设计与
实践 / 黄智伟等编著. — 北京:北京航空航天大学出版
社,2011.1

ISBN 978-7-5124-0312-3

I. ①全… II. ①黄… III. ①微处理器,ARM—系统
设计 IV. ①TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 004042 号

版权所有,侵权必究。

全国大学生电子设计竞赛

ARM 嵌入式系统应用设计与实践

黄智伟 税梦玲 张 强 欧科军 编著

责任编辑 杨 昕 刘爱萍

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:cmsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316936

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:22.25 字数:498 千字

2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 978-7-5124-0312-3 定价:39.00 元

序

全国大学生电子设计竞赛是教育部倡导的四大学科竞赛之一,是面向大学生的群众性科技活动,目的在于促进信息与电子类学科课程体系和课程内容的改革,促进高等学校实施素质教育以及培养大学生的创新能力、协作精神和理论联系实际学风,促进大学生工程实践素质的培养,提高学生针对实际问题进行电子设计制作的能力。

1. 规划教材由来

全国大学生电子设计竞赛既不是单纯的理论设计竞赛,也不仅仅是实验竞赛,而是在一个半封闭、相对集中的环境和限定的时间内,由一个参赛队共同设计、制作完成一个有特定工程背景的作品。作品成功与否是竞赛能否取得好成绩的关键。竞赛也有其内在的规律和特点。

为满足高等院校电子信息工程、通信工程、自动化、电气控制类专业学生参加全国大学生电子设计竞赛的需要,我们修订并编写了这套规划教材:《全国大学生电子设计竞赛系统设计(第2版)》、《全国大学生电子设计竞赛电路设计(第2版)》、《全国大学生电子设计竞赛技能训练(第2版)》、《全国大学生电子设计竞赛制作实训(第2版)》、《全国大学生电子设计竞赛常用电路模块制作》、《全国大学生电子设计竞赛 ARM 嵌入式系统应用设计与实践》。该规划教材从2006年出版以来,已多次印刷,一直是全国各高等院校大学生电子设计竞赛训练的首选教材之一。随着全国大学生电子设计竞赛的深入和发展,近几年来,特别是2007年以来,电子设计竞赛题目要求的深度、难度都有很大的提高。2009年对竞赛规则与要求也出现了一些变化,如对“最小系统”的定义、“性价比”与“系统功耗”指标要求等。为适应新形势下全国大学生电子设计竞赛的要求与特点,对该规划教材的内容进行了修订与补充。

2. 规划教材内容

《全国大学生电子设计竞赛系统设计(第2版)》在详细分析了历届全国大学生电子设计竞赛题目类型与特点的基础上,通过47个设计实例,系统介绍了电源类、信号源类、高频无线电类、放大器类、仪器仪表类、数据采集与处理类以及控制类7大类作品的设计要求、系统方案、电路设计、主要芯片、程序设计等内容。通过对这些设计实例进行系统方案分析、单元电路设计、集成电路芯片选择,可使学生全面、系统地掌握电子设计竞赛作品系统设计的基本方法,培养学生系统分析、开发创新的能力。

《全国大学生电子设计竞赛电路设计(第2版)》在详细分析了历届全国大学生电子设计竞

赛题目的设计要求及所涉及电路的基础上,精心挑选了传感器应用电路、信号调理电路、放大器电路、信号变换电路、射频电路、电机控制电路、测量与显示电路、电源电路、ADC 驱动和 DAC 输出电路 9 类共 180 多个电路设计实例,系统介绍了每个电路设计实例所采用的集成电路芯片的主要技术性能与特点、芯片封装与引脚功能、内部结构、工作原理和应用电路等内容。通过这些电路设计实例的学习,学生可全面、系统地掌握电路设计的基本方法,培养电路分析、设计和制作的能力。由于各公司生产的集成电路芯片类型繁多,限于篇幅,本书仅精选了其中很少的部分以“抛砖引玉”。读者可根据电路设计实例举一反三,并利用在参考文献中给出的大量的公司网址,查询到更多的电路设计应用资料。

《全国大学生电子设计竞赛技能训练(第 2 版)》从 7 个方面系统介绍了元器件的种类、特性、选用原则和需注意的问题;印制电路板设计的基本原则、工具及其制作;元器件、导线、电缆、线扎和绝缘套管的安装工艺和焊接工艺;电阻、电容、电感、晶体管等基本元器件的检测,电压、分贝、信号参数、时间和频率、电路性能参数的测量,噪声和接地对测量的影响;电子产品调试基本方法,故障检测的一般方法,模拟电路、数字电路和整机的调试与故障检测;设计总结报告写作的基本格式、写作要求与示例;赛前培训、赛前题目分析和赛前准备工作等内容。通过上述内容的学习,学生可全面、系统地掌握在电子竞赛作品制作过程中必需的一些基本技能。

《全国大学生电子设计竞赛制作实训(第 2 版)》指导学生完成 SPCE061A 16 位单片机、AT89S52 单片机、AD μ C845 单片数据采集等最小系统的制作;系统可编程模拟放大器、系统可编程低通滤波器、单通道音频功率放大器、双通道音频功率放大器、语音录放器、语音解说文字显示系统等模拟电路的制作;FPGA 最小系统、彩灯控制器等数字电路的制作;射频小信号放大器、射频功率放大器、VCO(压控振荡器)、PLL-VCO 环路、调频发射器、调频接收机等高频电路的制作;DDS AD9852 信号发生器、MAX038 函数信号发生器等信号发生器的制作;DC-DC 升压变换器、开关电源、交流固态继电器等电源电路的制作。介绍了电路组成、元器件清单、安装步骤、调试方法、性能测试方法等内容,可使学生提高实际制作能力。

《全国大学生电子设计竞赛常用电路模块制作》以全国大学生电子设计竞赛中所需要的常用电路模块为基础,介绍了 AT89S52、ATmega128、ATmega8、C8051F330/1 单片机,LM3S615 ARM Cortex-M3 微控制器,LPC2103 ARM 7 微控制器 PACK 板的设计与制作;键盘及 LED 数码管显示器模块、RS-485 总线通信模块、CAN 总线通信模块、ADC 模块和 DAC 模块等外围电路模块的设计与制作;放大器模块、信号调理模块、宽带可控增益直流放大器模块、音频放大器模块、D 类放大器模块、菱形功率放大器模块、宽带功率放大器模块、滤波器模块的设计与制作;反射式光电传感器模块、超声波发射与接收模块、温湿度传感器模块、阻抗测量模块、音频信号检测模块的设计与制作;直流电机驱动模块、步进电机驱动模块、函数信号发生器模块、DDS 信号发生器模块、压频转换模块的设计与制作;线性稳压电源模块、DC/DC 电路模块、Boost 升压模块、DC/AC/DC 升压电源模块的设计与制作;介绍了电路模块在随动控制系统、基于红外线的目标跟踪与无线测温系统、声音导引系统、单相正弦波逆变电源、

无线环境监测模拟装置中的应用。本书以实用电路模块为模板,叙述简洁清晰,工程性强,可使学生提高常用电路模块的制作能力。所有电路模块都提供电路图、PCB 图和元器件布局图。

《全国大学生电子设计竞赛 ARM 嵌入式系统应用设计与实践》以 ARM 嵌入式系统在全国大学生电子设计竞赛应用所需要的知识点为基础,介绍了 LPC214x ARM 微控制器最小系统的设计与制作;键盘及 LED 数码管显示器电路、汉字图形液晶显示器模块、触摸屏模块、LPC214x 的 ADC 和 DAC、定时器/计数器和脉宽调制器(PWM)、直流电机、步进电机和舵机驱动电路、光电传感器、超声波传感器、图像识别传感器、色彩传感器、电子软盘、倾角传感器、角度传感器、E²PROM 24LC256 和 SK-SDMP3 模块、nRF905 无线收发器电路模块、CAN 总线模块电路与 LPC214x ARM 微控制器的连接、应用与编程;基于 ARM 微控制器的随动控制系统、音频信号分析仪、信号发生器和声音导引系统的设计要求、总体方案设计、系统各模块方案论证与选择、理论分析及计算、系统主要单元电路设计和系统软件设计;ADS1.2 和 MDK 集成开发环境工程的建立、程序的编译、HEX 文件的生成以及 ISP 下载。该书突出了 ARM 嵌入式系统应用的基本方法,以实例为模板,可使学生提高 ARM 嵌入式系统在电子设计竞赛中的应用能力。本书所有实例程序都通过验证,相关程序清单可以在北航出版社网站“下载中心”下载。

3. 规划教材特点

本规划教材的特点:以全国大学生电子设计竞赛所需要的知识点和技能为基础,内容丰富实用,叙述简洁清晰,工程性强,突出了设计制作竞赛作品的方法与技巧。“系统设计”、“电路设计”、“技能训练”、“制作实训”、“常用电路模块制作”和“ARM 嵌入式系统应用设计与实践”这 6 个主题互为补充,构成一个完整的训练体系。

《全国大学生电子设计竞赛系统设计(第 2 版)》通过对历年的竞赛设计实例进行系统方案分析、单元电路设计和集成电路芯片选择,全面、系统地介绍电子设计竞赛作品的基本设计方法,目的是使学生建立一个“系统概念”,在电子设计竞赛中能够尽快提出系统设计方案。

《全国大学生电子设计竞赛电路设计(第 2 版)》通过对 9 类共 180 多个电路设计实例所采用的集成电路芯片的主要技术性能与特点、芯片封装与引脚功能、内部结构、工作原理和应用电路等内容进行介绍,目的是使学生全面、系统地掌握电路设计的基本方法,以便在电子设计竞赛中尽快“找到”和“设计”出适用的电路。

《全国大学生电子设计竞赛技能训练(第 2 版)》通过对元器件的选用、印制电路板的设计与制作、元器件和导线的安装和焊接、元器件的检测、电路性能参数的测量、模拟/数字电路和整机的调试与故障检测、设计总结报告的写作,培训学生全面、系统地掌握在电子竞赛作品制作过程中必需的一些基本技能。

《全国大学生电子设计竞赛制作训练(第2版)》与《全国大学生电子设计竞赛技能训练(第2版)》相结合,通过单片机最小系统、FPGA 最小系统、模拟电路、数字电路、高频电路、电源电路等 30 多个制作实例,掌握主要元器件特性、电路结构、印制电路板、制作步骤、调试方法、性能测试方法等内容,培养学生制作、装配、调试与检测等实际动手能力,使其能够顺利地完成电子设计竞赛作品的制作。

《全国大学生电子设计竞赛常用电路模块制作》指导学生完成电子设计竞赛中常用的微控制器电路模块、微控制器外围电路模块、放大器电路模块、传感器电路模块、电机控制电路模块、信号发生器电路模块和电源电路模块的制作,所制作的模块可以直接在竞赛中使用。

《全国大学生电子设计竞赛 ARM 嵌入式系统应用设计与实践》以 ARM 嵌入式系统在全国大学生电子设计竞赛应用所需要的知识点为基础,以 LPC214x ARM 微控制器最小系统为核心;以 LED、LCD 和触摸屏显示电路,ADC 和 DAC 电路,直流电机、步进电机和舵机的驱动电路,光电、超声波、图像识别、色彩识别、电子罗盘、倾角传感器、角度传感器,E²PROM,SD 卡,无线收发器模块,CAN 总线模块的设计制作与编程实例为模板;目的是使学生能够简单、快捷地掌握 ARM 系统,并且能够在电子设计竞赛中熟练应用。

4. 读者对象

本规划教材可作为电子设计竞赛参赛学生的训练教材,也可作为高等院校电子信息工程、通信工程、自动化、电气控制类专业学生参加各类电子制作、课程设计和毕业设计的教学参考书,还可作为电子工程技术人员和电子爱好者进行电子电路和电子产品设计与制作的参考书。

作者在本规划教材的编写过程中,参考了国内外的大量资料,得到了许多专家和学者的大力支持。其中,北京理工大学、北京航空航天大学、国防科技大学、中南大学、湖南大学、南华大学等院校的指导老师 and 电子参赛队员提出了一些宝贵意见和建议,并为本规划教材的编写做了大量的工作,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,本规划教材中的错误和不足之处在所难免,敬请各位读者批评斧正。

黄智伟

2010 年 12 月

于南华大学

前言

随着全国大学生电子设计竞赛的深入和发展,近几年,特别是从 2005 年以后,电子设计竞赛的题目要求从深度和难度上都增加了。2009 年对竞赛规则与要求也出现了一些变化,如对微控制器选型的限制、“最小系统”的定义、“性价比”与“系统功耗”指标要求等。除单片机、现场可编程门阵列(FPGA)外,ARM、数字信号处理器(DSP)等微控制器及最小系统也开始在电子设计竞赛中得到应用。

针对新形势下全国大学生电子设计竞赛的特点和需要,为高等院校电子信息工程、通信工程、自动化、电气控制类专业学生编写了这本《全国大学生电子设计竞赛 ARM 嵌入式系统应用设计与实践》,可作为培训教材。本书的特点是以 ARM 嵌入式系统在全国大学生电子设计竞赛中应用所需要的知识点为基础,以实例为模板,叙述简洁清晰,工程性强,突出了 ARM 嵌入式系统应用的基本方法,培养了学生的竞赛设计与制作、综合分析与开发创新的能力。

全书共分为 9 章,第 1 章 LPC214x ARM7 微控制器与最小系统,介绍了 LPC214x 的特性、封装、内部结构与功能,以及 ARM CPU PACK 板和 ARM7 最小系统实验板设计与制作。第 2 章显示器电路,介绍了键盘及 LED 显示器电路、汉字图形点阵液晶显示模块、触摸屏模块的设计、制作与编程。第 3 章 ADC 和 DAC 电路,介绍了 LPC214x 的 ADC(模/数转换器)和 DAC(数/模转换器)电路设计与制作。第 4 章电机控制,介绍了 LPC214x 的定时器/计数器和脉宽调制器(PWM),直流电机、步进电机和舵机驱动电路的设计、制作与编程。第 5 章传感器电路,介绍了光电传感器、超声波传感器、图像识别传感器、色彩传感器、电子罗盘、倾角传感器和角度传感器的应用与编程。第 6 章数据存储,介绍了 E²PROM 24LC256 和 SK-SDMP3 模块的应用与编程。第 7 章数据传输,介绍了基于 nRF905 的无线收发器电路模块和 CAN 总线模块电路的设计、制作与编程。第 8 章系统应用,介绍了基于 ARM 微控制器的随动控制系统、音频信号分析仪、正弦波信号发生器和声音导引系统的设计要求、总体方案设计、系统各模块方案论证与选择、理论分析与计算、系统主要单元电路设计和系统软件设计。第 9 章开发环境及 ISP 下载,介绍了 ADS 1.2 和 MDK 集成开发环境,包括工程的建立、程序的编译、HEX 文件的生成,以及 ISP 下载。

本书可以作为参加各类电子制作、课程设计、毕业设计的教学参考书,以及电子工程技术人员进行电子电路设计与制作的参考书。

本书所有实例程序都通过验证,相关程序清单可以登录北京航空航天大学出版社下载中

心 <http://www.buaapress.com.cn/buaa/html/download/index.asp> 免费下载。

本书在编写过程中,参考了大量国内外著作和资料,得到了许多专家和学者的大力支持,听取了多方面的意见和建议。税梦玲、张强、欧科军对书中的实例进行了设计、编程与验证,李富英高级工程师对本书进行了审阅,南华大学王彦副教授、朱卫华副教授、陈文光副教授、李圣老师、湖南师范大学邓月明老师、张翼、李军、戴焕昌、汤玉平、金海锋、李林春、谭仲书、彭湃、尹晶晶、全猛、周到、杨乐、黄俊、伍云政、李维、周望、李文玉、方果、许超龙、姚小明、马明、黄政中、邱海枚、欧俊希、陈杰、彭波、许俊杰等人也为本书的编写做了大量的工作,在此一并表示衷心的感谢。

由于水平有限,不足之处在所难免,敬请各位读者批评指正。

黄智伟

2010年9月

于南华大学

目 录

第 1 章 LPC214x ARM7 微控制器与最小系统

1.1	LPC214x 的特性与封装	1
1.1.1	LPC214x 的主要特性	1
1.1.2	LPC214x 的封装形式与引脚功能	3
1.2	LPC214x 的内部结构与功能	6
1.2.1	LPC214x 的内部结构	6
1.2.2	LPC214x 内部结构功能描述	6
1.3	LPC214x ARM7 最小系统设计与制作	14
1.3.1	LPC214x ARM7 CPU PACK 板电路	14
1.3.2	LPC214x ARM7 最小系统实验板电路	18

第 2 章 显示器电路

2.1	键盘及 LED 数码管显示器电路设计与制作	26
2.1.1	ZLG7290B 主要特性	26
2.1.2	ZLG7290B 应用电路	28
2.1.3	ZLG7290B 应用中应注意的一些问题	28
2.1.4	ZLG7290B 显示键盘应用程序设计	32
2.2	液晶显示器模块的连接与编程	36
2.2.1	FYD12864 - 0402B 汉字图形点阵液晶显示模块简介	36
2.2.2	LPC2148 最小系统开发板与 FYD12864 - 0402B 的连接	37
2.2.3	FYD12864 - 0402B 汉字图形点阵液晶显示模块编程示例	38
2.3	触摸屏模块的连接与编程	45
2.3.1	触摸屏模块简介	45
2.3.2	LPC2148 最小系统开发板与触摸屏模块的连接	48

2.3.3 触摸屏模块的编程示例	48
------------------------	----

第3章 ADC 和 DAC 电路

3.1 ADC 电路设计与制作	62
3.1.1 LPC214x 的 ADC 简介	62
3.1.2 LPC214x 的 ADC 编程示例	64
3.2 DAC 电路设计与制作	75
3.2.1 LPC214x 的 DAC 简介	75
3.2.2 LPC214x 的 DAC 编程示例	76

第4章 电机控制

4.1 LPC214x 的定时器/计数器和脉宽调制器	78
4.1.1 定时器/计数器(定时器 0 和定时器 1)	78
4.1.2 脉宽调制器	81
4.2 直流电机控制	84
4.2.1 直流电机电枢的调速原理与方式	84
4.2.2 直流电机驱动电路设计	86
4.2.3 直流电机与 LPC214x 的连接	90
4.2.4 直流电机控制编程示例	90
4.3 步进电机控制	94
4.3.1 步进电机工作原理及方式简介	94
4.3.2 基于“L297+L298N”的步进电机驱动与控制电路	95
4.3.3 基于“L297+L298N”的步进电机控制编程示例	99
4.3.4 基于 TA8435H 的步进电机驱动与控制电路	106
4.3.5 基于 TA8435H 的步进电机控制编程示例	111
4.4 舵机控制	116
4.4.1 舵机简介	116
4.4.2 舵机与 LPC214x 的连接	118
4.4.3 舵机控制编程示例	119

第5章 传感器电路

5.1 光电传感器及其应用	122
5.1.1 光电传感器选型	122
5.1.2 利用反射式光电传感器检测障碍物	123

5.1.3 利用反射式光电传感器检测黑线	125
5.1.4 利用光电传感器检测光源	130
5.2 超声波传感器及其应用	142
5.2.1 超声波传感器的基本特性与选型	142
5.2.2 超声波传感器用于障碍物检测与测距	143
5.2.3 超声波传感器用于障碍物检测与测距编程示例	147
5.3 图像识别传感器及其应用	152
5.3.1 图像识别模组内部结构	152
5.3.2 图像识别模组电路	152
5.3.3 图像识别模组的应用	157
5.3.4 SPCA563A 图像识别模块编程示例	159
5.4 色彩传感器及其应用	176
5.4.1 常用的几种色彩传感器的解决方案	176
5.4.2 TCS230 可编程颜色光-频率转换器	178
5.4.3 颜色识别模块的编程示例	181
5.5 电子罗盘及其应用	188
5.5.1 电子罗盘简介	188
5.5.2 BQ-CA80-TTL 电子罗盘与微控制器的连接	189
5.5.3 BQ-CA80-TTL 电子罗盘模块的编程示例	190
5.6 倾角传感器及其应用	194
5.6.1 倾角传感器简介	194
5.6.2 LPC214x 开发板与 MSIN-LD60 倾角传感器的连接	195
5.6.3 MSIN-LD60 倾角传感器编程示例	195
5.7 角度传感器及其应用	200
5.7.1 WDD35D-4 角度传感器简介	200
5.7.2 LPC214x 开发板与 WDD35D-4 角度传感器的连接	201
5.7.3 WDD35D-4 角度传感器编程示例	202

第 6 章 数据存储

6.1 E ² PROM 24LC256	205
6.1.1 E ² PROM 24LC256 简介	205
6.1.2 24LC256 的典型应用电路	205
6.1.3 24LC256 读/写操作编程示例	206
6.2 SK-SDMP3 语音模块及其应用	209

目 录

6.2.1 SK - SDMP3 模块简介	209
6.2.2 音频功率放大器电路	211
6.2.3 SK - SDMP3 模块的编程示例	214

第 7 章 数据传输

7.1 无线数据传输	218
7.1.1 基于 nRF905 的无线收发器电路模块	218
7.1.2 LPC214x 开发板与无线收发器电路模块的连接	223
7.1.3 无线收发器电路模块的编程示例	223
7.2 CAN 总线应用	237
7.2.1 CAN 总线简介	237
7.2.2 在嵌入式处理器上扩展 CAN 总线接口	239
7.2.3 CAN 总线网络结构	239
7.2.4 CAN 总线模块设计	240
7.2.5 CAN 总线网络编程示例	244

第 8 章 系统应用

8.1 基于 ARM 微控制器的随动控制系统	251
8.1.1 设计要求	251
8.1.2 总体方案设计	252
8.1.3 系统各模块方案论证与选择	252
8.1.4 理论分析及计算	257
8.1.5 系统主要单元电路设计	260
8.1.6 系统软件设计	267
8.2 音频信号分析仪	296
8.2.1 赛题要求	296
8.2.2 基于单片机和 FPGA 的设计方案	298
8.2.3 基于 LPC214x ARM 微控制器的设计方案实例	300
8.3 正弦波信号发生器	304
8.3.1 AD9850/51 DDS 模块简介	304
8.3.2 LPC214x 开发板与 AD9850/51 DDS 模块的连接	306
8.3.3 AD9850/51 DDS 模块的编程示例	307
8.4 基于 ARM 微控制器的声音导引系统	310
8.4.1 设计要求	310

8.4.2	系统方案设计	312
8.4.3	系统主要单元的选择与论证	313
8.4.4	系统组成	315
8.4.5	理论分析及计算	316
8.4.6	系统电路设计	317
8.4.7	系统软件设计	318
第9章 开发环境及ISP下载		
9.1	ADS 1.2 集成开发环境	328
9.1.1	ADS 1.2 集成开发环境简介	328
9.1.2	工程的编辑	329
9.2	MDK 集成开发环境	334
9.2.1	MDK 集成开发环境简介	334
9.2.2	工程的编辑	335
9.3	ISP 下载	339
参考文献		341

第 1 章

LPC214x ARM7 微控制器与最小系统

1.1 LPC214x 的特性与封装

1.1.1 LPC214x 的主要特性

LPC214x(LPC2141/2/4/6/8)是基于一个支持实时仿真和嵌入式跟踪的 32/16 位 ARM7 TDMI-S CPU 的微控制器,并带有 32 KB 和 512 KB 嵌入的高速 Flash 存储器。128 位宽的存储器接口和独特的加速结构使 32 位代码能够在最大时钟速率下运行。对代码规模有严格控制的应用,可使用 16 位 Thumb 模式,代码规模降低超过 30%,而性能的损失却很小。

较小的封装和很低的功耗使 LPC214x 特别适用于访问控制和 POS 机等小型应用中。由于内置了宽范围的串行通信接口(从 USB 2.0 全速器件、多个通用异步收发器 UART、串行外设接口 SPI、同步串行口控制器 SSP 到 I²C 总线)和 8~40 KB 的片内 SRAM,所以它们非常适合于通信网关、协议转换器、软 modem、语音识别、低端成像,以及为这些应用提供大规模的缓冲区和强大的处理功能。多个 32 位定时器、1 个或 2 个 10 位 ADC、10 位 DAC、PWM 通道、45 个高速 GPIO 以及多达 9 个边沿或电平触发的外部中断引脚,使它们特别适用于工业控制和医疗系统。

LPC214x 的主要特性如下:

- 16/32 位 ARM7TDMI-S 微控制器,超小 LQFP64 封装。
- 8~40 KB 的片内静态 RAM 和 32~512 KB 的片内 Flash 存储器;128 位宽接口/加速器可实现高达 60 MHz 的工作频率。
- 通过片内 boot 装载程序软件实现在系统编程/在应用编程(ISP/IAP)。单个 Flash 扇区或整片擦除时间为 400 ms;256 字节编程时间为 1 ms。
- Embedded ICE RT 和嵌入式跟踪接口通过片内 Real Monitor 软件提供实时调试和高速跟踪指令的执行。
- USB 2.0 全速设备控制器具有 2 KB 的终端 RAM。此外,LPC2146/8 提供 8 KB 的片内 RAM,可通过 DMA 访问 USB。
- 1 个或 2 个 10 位 ADC,提供总共 6/14 路模拟输入,每个通道的转换时间低至 2.44 μ s。

第 1 章 LPC214x ARM7 微控制器与最小系统

- 1 个 10 位的 DAC,可产生不同的模拟输出(仅用于 LPC2142/4/6/8)。
- 2 个 32 位定时器/外部事件计数器(带 4 路捕获和 4 路比较通道)、PWM 单元(6 路输出)和看门狗。
- 低功耗实时时钟(RTC)具有独立的电源和特定的 32 kHz 时钟输入。
- 多个串行接口,包括 2 个 UART(16C550)、2 个高速 I²C 总线(400 kbit/s)、SPI 和具有缓冲作用和数据长度可变功能的 SSP。
- 向量中断控制器(VIC)可配置优先级和向量地址。
- 小型的 LQFP64 封装上包含多达 45 个通用 I/O 口(可承受 5 V 电压)。
- 多达 21 个可用的外部中断引脚。
- 通过一个可编程的片内 PLL(100 μ s 的设置时间)可实现最大为 60 MHz 的 CPU 时钟操作频率。
- 片内集成振荡器与外部晶体的操作频率范围是 1~25 MHz。
- 低功耗模式有空闲和掉电。
- 可通过个别使能/禁止外围功能和外围时钟分频来优化额外功耗。
- 通过外部中断或掉电检测(BOD)将处理器从掉电模式中唤醒。
- 单电源,具有上电复位(POR)和掉电检测电路,CPU 操作电压范围为 3.0~3.6 V(即 3.3 V $\pm$ 10%),I/O 口可承受 5 V 的电压。
- 温度范围: -40~+85 $^{\circ}$ C。

LPC2141/2/4/6/8 的主要特性区别如表 1-1 所列。

表 1-1 LPC2141/2/4/6/8 的主要特性区别

器件型号	Flash 存储器	RAM	端点 USB RAM	ADC(全部通道)	DAC
LPC2141FBD64	32 KB	8 KB	2 KB	1(6 通道)	—
LPC2142FBD64	64 KB	16 KB	2 KB	1(6 通道)	1
LPC2144FBD64	128 KB	16 KB	2 KB	2(14 通道)	1
LPC2146FBD64	256 KB	32 KB+8 KB 与 USB DMA 共用*	2 KB	2(14 通道)	1
LPC2148FBD64	512 KB	32 KB+8 KB 与 USB DMA 共用*	2 KB	2(14 通道)	1

* 当 USB DMA 是额外 8 KB RAM 的主要用户时,该 RAM 作为通用 RAM 可被 CPU 在任何时候访问用于数据和代码存储。

LPC214x 的一些极限参数如下所示:

- V_{DD} 引脚的电源电压最大值为 +3.6 V。
- V_{DDA} 引脚的模拟电源电压最大值为 4.6 V。
- V_{BAT} 引脚的输入电压最大值为 4.6 V(用于 RTC)。
- V_{REF} 引脚的输入电压最大值为 4.6 V。

- V_{IA} 模拟输入电压最大值为 5.1 V。
- V_I 输入电压,可承受 5 V 的 I/O 口最大值为 6.0 V,其他 I/O 口最大值为 $V_{DD}+0.5$ V。
- T_{stg} 储存温度范围为 $-40\sim+125$ °C。
- I_{DD} DC 电源电流最大值为 100 mA。
- I_{SS} DC 地电流最大值为 100 mA。

注意:使用时不能够超过这些极限参数,否则将造成芯片永久性损坏。

有关 LPC214x 的更多信息,请登录 <http://www.zlgmcu.com> 查询《PHILIPS 单片 16/32 位微控制器——LPC2141/42/44/46/48 数据手册》。

1.1.2 LPC214x 的封装形式与引脚功能

LPC214x 采用小型的 LQFP64 封装,LPC2144/6/8 的封装形式如图 1-1 所示。LPC214x 的引脚功能如表 1-2 所列。

注意:LPC2141/2 与 LPC2144/6/8 采用相同的封装形式,仅个别引脚功能不同。

表 1-2 LPC214x 的引脚功能

引脚符号	类 型	功 能
P0.0~P0.31	I/O	P0,是一个 32 位 I/O 口,每个位都有独立的方向控制。有 31 个 P0 口可用作通用双向数字 I/O 口,P0.31 只用作输出口。P0 口引脚多数是多功能引脚端,其操作取决于引脚连接模块所选择的功能。引脚 P0.24、P0.26 和 P0.27 不可用。 引脚端不同符号表示: P0.0~P0.31——通用输入/输出数字引脚(GPIO); TXD_x——UART_x 的发送器输出; RXD_x——UART_x 的接收器输入; RTS_x——UART_x 请求发送输出,仅用于 LPC2144/6/8; CTS_x——UART_x 的清零发送输入,仅用于 LPC2144/6/8; DSR_x——UART_x 的数据设置就绪输入,仅用于 LPC2144/6/8; DTR_x——UART_x 的数据终端就绪输出,仅用于 LPC2144/6/8; DCD_x——UART_x 数据载波检测输入,仅用于 LPC2144/6/8; RI_x——UART_x 铃声指示输入,仅用于 LPC2144/6/8; PWM_x——脉宽调制器 x 输出; EINT_x——外部中断 x 输入; SCL_x——I²C_x 时钟输入/输出,开漏输出(符合 I²C 规范); SDA_x——I²C_x 数据输入/输出,开漏输出(符合 I²C 规范); SCK_x——SPI_x 串行时钟,主机输出或从机输入的时钟; MISO_x——SPI_x 主机输入/从机输出,从机到主机的数据传输; MOSI_x——SPI_x 主机输出/从机输入,主机到从机的数据传输; SSEL_x——SPI_x 从机选择,选择 SPI 接口用作从机; SCK_x——SSP 串行时钟,主机输出或从机输入的时钟;