



电子设计与嵌入式开发实践丛书

按照“认识—应用—思考—提升”的思路，循序渐进带您进入ARM Cortex-M3的开发之路！
结合实际教学和项目经验，理论与应用紧密结合，实例丰富，资料翔实！



ARM Cortex-M3

嵌入式开发与实践

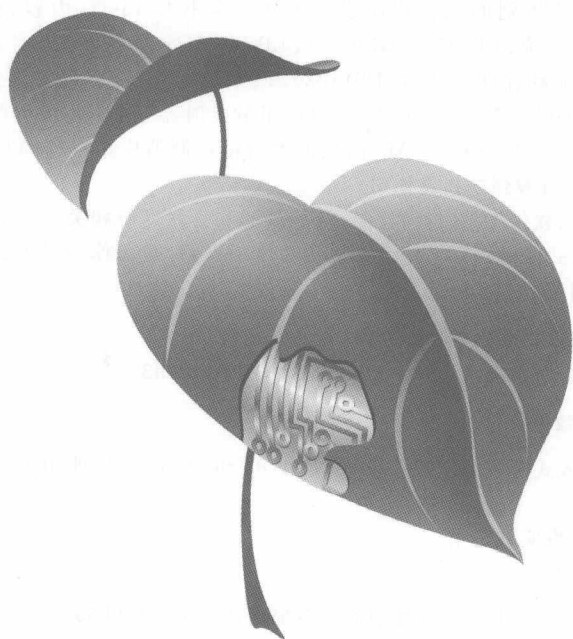
——基于LPC1788和 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$

张 勇 编著

清华大学出版社



电子设计与嵌入式开发实践丛书



ARM Cortex-M3 嵌入式开发与实践

——基于LPC1788和 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$

张 勇 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

基于 ARM Cortex-M3 内核的 NXP LPC1788 是一款高性能的微控制器,具有丰富的片上外设和强大的处理核心。本书基于 LPC1788 微控制器和 Keil MDK 集成开发环境,讲述 LPC1788 硬件系统设计以及芯片级别与 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统级别的工程程序设计方法。全书共 15 章,内容包括 LPC1788 芯片架构、LPC1788 典型应用电路系统、LPC1788 GPIO 口、LPC1788 外部中断、定时器、串口、ADC、SSP 口、ZLG7289B 按键与数码管驱动、温度传感器 DS18B20、TFT LCD 屏、 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 任务管理、信号量与互斥信号量、消息邮箱与消息队列以及事件标志组与 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 软定时器等。本书的特色在于理论与应用结合紧密且实例丰富,对学习基于 ARM Cortex-M3 内核的系列微控制器应用设计和基于嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的程序设计都具有较强的指导作用。

本书可作为电子通信、软件工程、自动控制、智能仪器和物联网等相关专业的高年级本科生或研究生学习微控制器原理和嵌入式实时操作系统及其应用技术的教材,也可作为嵌入式系统爱好者和嵌入式工程开发研究人员的参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

ARM Cortex-M3 嵌入式开发与实践:基于 LPC1788 和 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ /张勇编著.--北京:清华大学出版社,2015

电子设计与嵌入式开发实践丛书

ISBN 978-7-302-40071-4

I. ①A… II. ①张… III. ①微处理器—系统设计 IV. ①TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 089670 号

责任编辑:刘 星

封面设计:迷底书装

责任校对:焦丽丽

责任印制:刘海龙

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:三河市君旺印务有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:19

字 数:464 千字

版 次:2015 年 6 月第 1 版

印 次:2015 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:59.00 元

产品编号:062772-01

前言

► 本书的结构与简介

ARM 公司出品了众多内核,如流行的 ARM7、ARM9 和 ARM11 内核,而目前 ARM 公司主推的内核为 Cortex 系列内核,这个系列又分为 M 系、R 系和 A 系,其中 A 系是高性能系列,支持 ARM、Thumb 和 Thumb-2 指令集,主要针对带有操作系统的智能平板电脑;R 系为普通嵌入式内核,支持 ARM、Thumb 和 Thumb-2 指令集,用于嵌入式系统;M 系为低功耗系列,仅支持 Thumb-2 指令集,目前有 Cortex-M0、M0+、M1、M3 和 M4,用于需要快速中断的嵌入式实时应用系统中。

Cortex-M3 是最早推出的 Cortex 系列内核,于 2004 年诞生,5 年以后,ARM 公司推出了可商用的 Cortex-M0 内核,之后,在 Cortex-M0 基础上推出了能耗进一步优化的 Cortex-M0+ 内核(ARM 公司公布的功耗数据为 $11.2\mu\text{W}/\text{MHz}$),被誉为全球功耗最低的微内核。Cortex-M 系列的内核中,M0 和 M0+ 系列主要针对控制领域,涵盖了传统 8051 系列单片机的应用领域,比传统 8051 系列单片机在处理速度、功耗、中断反应能力、编程与调试等诸多方面都有很大优势;M3 系列针对控制领域中的高端实时应用领域,具有控制和数字信号处理能力,除了可用于传统 8051 系列单片机的应用领域外,还可用于 DSP 处理器应用的领域;M4 系列主要针对高速控制、语音信号处理和数字信号处理领域,涵盖了传统网络控制芯片和 DSP 处理器的应用领域。

NXP(恩智浦)公司是全球最早推出 Cortex-M 系列内核微控制器的公司之一,目前主要产品有以 LPC1115 微控制器为代表的 LPC11XX 和 LPC12XX 系列(Cortex-M0 内核)、以 LPC812 微控制器为代表的 LPC8XX 系列(Cortex-M0+ 内核)、以 LPC1788 微控制器为代表的 LPC13XX、LPC17XX 和 LPC18XX 系列(Cortex-M3 内核)、以 LPC4088 微控制器为代表的 LPC40XX 系列(Cortex-M4 内核)和以 LPC4357 微控制器为代表的 LPC43XX 系列(Cortex-M4 和 M0 双核心)。目前,NXP 公司是 Cortex-M 系列微控制器出品最多、型号最全和应用最广的公司之一,NXP 公司的 Cortex-M 系列芯片都体现了低功耗、易使用和高性能的特点。

本书基于 ARM Cortex-M3 内核 LPC1788 微控制器和 Keil MDK 集成开发环境,详细介绍芯片级和 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统级的应用程序设计技术。

第 1 章介绍 LPC1788 芯片的内部架构、存储器配置和异常与中断等内容;第 2 章介绍 LPC1788 典型硬件电路系统设计以及 Keil MDK 集成开发环境应用方法;第 3~8 章依次

Foreword

介绍 LPC1788 的 GPIO 口、NVIC 中断、定时器、串口、ADC、同步串行口等片上外设的工作原理和程序设计方法；第 9~11 章依次介绍了 3 个典型应用实例，即 ZLG7289B 键盘与数码管控制实例、温度传感器 DS18B20 应用实例和 LCD 屏显示技术实例；第 12~15 章依次介绍了 μ C/OS-II 的任务管理与组件应用技术，重点介绍了信号量、互斥信号量、消息邮箱、消息队列、事件标志组和软定时器的应用方法，这部分内容不是自成体系的，需要结合参考文献[8,9,11]开展研究与学习。

► 本书的教学思路

本书根据作者多年的教学讲义整理而成，理论课时为 32 学时，实验课时为 16 学时，开放实验课时为 16 学时。如果用作大学本科教材，则理论课时宜为 32~48 学时，建议讲述第 1~11 章内容，按书中章节顺序讲述；实验学时建议为 16~32 学时。书中第 9~11 章可用于课程设计，第 12~15 章内容面向有嵌入式操作系统基础的学生开展教学与讨论。针对教师教学研究活动，作者提供更多的交流和技术支持。

建议理论教学与实验教学同步进行。理论教学过程中，可设置 2~4 学时讨论课，或安排学生分组作学习交流主题报告。实验教学可设置 3~4 个基础性实验和 1~2 个设计性实验，可结合全国大学生电子设计大赛的题目开展拓展性实验工作，并且应以学生自己动手为主。

对于自学本书的嵌入式爱好者而言，要求至少具有数字电路、模拟电路、C 语言程序设计等课程的基础知识，并建议在学习过程中设计一套 LPC1788 学习板配套学习，本书的每个实例都是完整的，可在清华大学出版社网站本书页面下载，但是强烈建议读者在学习过程中自行输入实例代码，遇到问题可通过 Email:zhnyong@21cn.com 与作者探讨。

► 本书的特色

本书具有以下 4 个方面的特色：

其一，详细讲解了基于 Cortex-M3 核心的 LPC1788 微控制器存储配置、异常（或中断）向量表以及片上各种外设，讲述了 LPC1788 微控制器片上外设的访问方法。

其二，详细描述了基于 LPC1788 的典型应用电路，这些电路涉及了 LED 灯、串口、用户按键、ADC、数码管、复位电路、测温电路、JTAG(SWD)、SDRAM、W25Q64 存储器、TFT LCD 屏等。

其三，实例丰富，通过完整的实例详细阐述了芯片级和 μ C/OS-II 系统级的程序设计方法，对基于 LPC1788 微控制器的嵌入式软件设计具有较强的指导作用。

其四，坚持“授人以渔，而非授人以鱼”的原则，每章小结中都提出了用于复习、加深和扩展本章知识的综合练习，成功地完成这些程序练习，就能体现读者真正掌握了本章内容，从而可以学习下一章的内容。

► 致谢

感谢 NXP 公司为本书编写提供了大量技术支持，要特别感谢辛华峰、王朋朋和张宇等专家的指导和对初稿的建设性意见，使得本书理论与工程实践能紧密结合，成为一本兼有教学、科研和工程应用价值的针对性很强的参考书。

作者还要感谢北京博创兴盛陆海军总经理对本书出版的关心和支持。

感谢我的爱人贾晓天老师在繁忙的工作之余阅读了本书初稿,并提出了宝贵建议。

还要特别感谢阅读了作者已经出版的图书的读者反馈的宝贵意见,使得本书的写作按照“认识→应用→思考→提升”的思路进行,不仅教学更加方便,而且自学门槛较以往的书大大降低。

最后,特别感谢清华大学出版社工作人员为本书出版所做的细致工作。由于作者水平有限,书中难免会有纰漏之处,敬请专家和读者批评指正。

► 免责声明

知识的发展和科技的进步是多元的。本书内容上广泛引用的知识点均罗列于参考文献中,主要为 LPC1788 用户手册、LPC1788 芯片手册、Cortex-M3 技术手册、嵌入式实时操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 、Keil MDK 和 IAR EWARM 集成开发环境等内容,所有这些引用内容的知识产权归相关公司所有,作者保留其余内容的所有权利。本书内容仅用于教学目的,旨在推广 Cortex-M3 核心 LPC1788 微控制器、 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 、Keil MDK 和 EWARM 集成开发环境等,禁止任何单位或个人摘抄或扩充本书内容用于出版发行,严禁将本书内容用于商业应用。

张 勇

2015 年 1 月

于江西财经大学枫林园

目录

第 1 章 认识 LPC1788 微控制器	1
1.1 LPC1788 微控制器芯片	1
1.2 LPC1788 特点	21
1.3 LPC1788 内部结构	23
1.4 存储器配置	24
1.5 异常与中断	25
1.6 Cortex-M3 内核架构与工作模式(选学)	29
1.7 Cortex-M3 内核寄存器(选学)	31
1.8 本章小结	33
第 2 章 LPC1788 硬件电路与 Keil MDK	34
2.1 LPC1788 核心电路	34
2.2 LED 灯模块	39
2.3 串口模块	40
2.4 用户按键	40
2.5 ADC 模块	41
2.6 ZLG7289B 模块	41
2.7 W25Q64 Flash 存储器模块	44
2.8 DS18B20 模块	44
2.9 SDRAM 模块	44
2.10 LCD 模块	45
2.11 电源模块	47
2.12 Keil MDK 集成开发环境	47
2.13 本章小结	56
第 3 章 通用目的输入/输出口 GPIO	57
3.1 GPIO 特点与结构	57

Contents

3.2	IOCON 寄存器	58
3.3	GPIO 用法与 GPIO 寄存器	61
3.4	LED 灯闪烁实例	62
3.4.1	工程 ZLX01	62
3.4.2	system_LPC177x_8x.c 文件	69
3.4.3	startup_LPC177x_8x.s 文件(选学)	71
3.5	本章小结	77
第 4 章	LPC1788 外部中断	78
4.1	NVIC 中断工作原理	78
4.2	GPIO 中断	82
4.3	用户按键中断实例	84
4.4	本章小结	89
第 5 章	定时器	90
5.1	定时/计数器	90
5.1.1	定时/计数器工作原理	90
5.1.2	定时器实例	96
5.2	系统节拍定时器	100
5.2.1	系统节拍定时器工作原理	101
5.2.2	系统节拍定时器实例	103
5.3	实时时钟 RTC	105
5.3.1	实时时钟工作原理	105
5.3.2	实时时钟实例	111
5.4	看门狗定时器	115
5.4.1	看门狗工作原理	115
5.4.2	看门狗实例	116
5.5	本章小结	120
第 6 章	串口通信	121
6.1	串口通信工作原理	121
6.2	LPC1788 串口	122
6.3	串口通信实例	125
6.4	本章小结	132
第 7 章	模/数转换器 ADC	133
7.1	LPC1788 模/数转换器	133
7.2	ADC 实例	136
7.3	本章小结	141

第 8 章 同步串行口 SSP	142
8.1 LPC1788 同步串行口	142
8.2 W25Q64 存储器	145
8.3 SPI 通信实例	147
8.4 本章小结	157
第 9 章 ZLG7289B 模块	158
9.1 ZLG7289B 工作原理	158
9.2 ZLG7289B 实例	161
9.3 本章小结	173
第 10 章 温度传感器 DS18B20	174
10.1 DS18B20 工作原理	174
10.2 DS18B20 实例	176
10.3 本章小结	187
第 11 章 TFT LCD 显示屏	188
11.1 SDRAM 存储器	188
11.2 LCD 屏显示原理	191
11.3 LCD 屏实例	192
11.4 本章小结	209
第 12 章 μ C/OS- II 任务	210
12.1 μ C/OS- II 系统文件与配置	210
12.2 μ C/OS- II 系统任务与移植	216
12.2.1 空闲任务	217
12.2.2 统计任务	217
12.2.3 定时器任务	218
12.2.4 μ C/OS- II 系统移植	218
12.3 μ C/OS- II 用户任务	218
12.4 多任务实例	222
12.5 本章小结	234
第 13 章 μ C/OS- II 信号量与互斥信号量	235
13.1 μ C/OS- II 信号量	235
13.2 μ C/OS- II 互斥信号量	237
13.3 信号量与互斥信号量实例	238
13.4 本章小结	249

第 14 章 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 消息邮箱与消息队列	250
14.1 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 消息邮箱	250
14.2 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 消息队列	252
14.3 消息邮箱与队列实例	254
14.4 本章小结	265
第 15 章 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 事件标志组与软定时器	266
15.1 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 事件标志组	266
15.2 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 软定时器	268
15.3 事件标志组与软定时器实例	270
15.4 本章小结	283
附录 A IAR EWARM 集成开发环境	284
附录 B ASCII 码表	292
参考文献	294

第1章

认识 LPC1788 微控制器

本章将介绍 LPC1788 微控制器的芯片引脚、功能特点、内部结构、存储器配置、异常与中断等,这些内容是使用 LPC1788 微控制器进行嵌入式电路设计的芯片基础知识。

1.1 LPC1788 微控制器芯片

LPC1788 微控制器是 LPC178x/7x 微控制器家族中的一员,它具有 LQFP208、LQFP144、TFBGA208、TFBGA180 这 4 种封装形式,其中,LQFP 为薄四方扁平贴片封装,TFBGA 为薄细距球栅阵列贴片封装,封装名称中的数字表示引脚个数。不同封装的 LPC1788 微控制器内核相同,均为 Cortex-M3,但片上外设略有不同,本书重点考虑封装为 LQFP208 的 LPC1788FBD208 芯片,下文简称 LPC1788,其外形如图 1-1 所示。

图 1-1 中分布在 LPC1788 芯片 4 个角上的圆形标志里面有一个是凹球形的(图 1-1 左下角处),它对应着 LPC1788 芯片的第一引脚。LPC1788 芯片的引脚分布如图 1-2 所示。



图 1-1 LPC1788FBD208 芯片外形

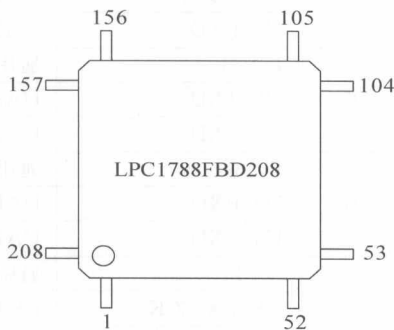


图 1-2 LPC1788FBD208 芯片引脚布局

LPC1788 的 208 个引脚包括:

(1) 6 个通用目的输入/输出口 P0~P5,其中 P0~P4 的每个口包括 32 个引脚,分别记为 P0[0]~P0[31]、P1[0]~P1[31]、P2[0]~P2[31]、P3[0]~P3[31]、P4[0]~P4[31]; P5 口包括 5 个引脚,即 P5[0]~P5[4]。因此,共有 165 个通用目的输入/输出引脚。这些引脚

除了用作输入/输出口外,还复用了其他功能。

(2) 5 个与 JTAG 仿真调试接口相关的引脚,即 JTAG_TDO、JTAG_TDI、JTAG_TMS、JTAG_TRST# 和 JTAG_TCK,本书中,引脚名称中出现的“#”表示该引脚信号低电压有效。

(3) 2 个复位相关的引脚,即 RESET# 和 RSTOUT#。

(4) 4 个实时定时时钟相关的引脚,即 RTC_ALARM、RTCX1、RTCX2 和 VBAT。

(5) 1 个 USB 口的数据线引脚 USB_D-2。

(6) 2 个外部时钟振荡器引脚,即 XTAL1 和 XTAL2。

(7) 29 个电源相关的引脚,其中,3 个供给内核电源的引脚 $V_{DD(REG)(3V3)}$,10 个供给输入/输出口模块电源的引脚 $V_{DD(3V3)}$,1 个供给 ADC 和 DAC 模块电源的引脚 V_{DDA} ,1 个 ADC 正参考电源 VREFP,10 个供给输入/输出口电源的地 V_{SS} ,3 个供给内核电源的地 V_{SSREG} ,1 个供给 ADC 和 DAC 电源的模拟地 V_{SSA} 。

根据上述分析,可知 LPC1788 的引脚个数为: $165+5+2+4+1+2+29=208$ 。下面在表 1-1 中详细列出各个引脚的位置号和功能,表中括号内的内容为该引脚的上电复位状态。

表 1-1 LPC1788 引脚

序号	引脚号	引脚名	含 义
P0[0]~P0[31]			
1	94	P0[0]	通用目的数字输入/输出引脚(复位:输入且上拉有效)
		CAN_RD1	CAN1 接收器输入
		U3_TXD	UART3 数据输出
		I2C1_SDA	I2C1 数据输入/输出
		U0_TXD	UART0 数据输出
2	96	P0[1]	通用目的数字输入/输出引脚(复位:输入且上拉有效)
		CAN_TD1	CAN1 发送器输出
		U3_RXD	UART3 数据输入
		I2C1_SCL	I2C1 时钟输入/输出
		U0_RXD	UART0 数据输入
3	202	P0[2]	通用目的数字输入/输出引脚(复位:输入且上拉有效)
		U0_TXD	UART0 数据输出
		U3_TXD	UART3 数据输出
4	204	P0[3]	通用目的数字输入/输出引脚(复位:输入且上拉有效)
		U0_RXD	UART0 数据输入
		U3_RXD	UART3 数据输入
5	168	P0[4]	通用目的数字输入/输出引脚(复位:输入且上拉有效)
		I2S_RX_SCK	I ² S 接收端时钟
		CAN_RD2	CAN2 接收器输入
		T2_CAP0	定时/计数器 2 通道 0 捕获输入
		R	保留
		R	
		R	
		LCD_VD[0]	LCD 数据输入/输出 0

续表

序号	引脚号	引脚名	含 义
P0[0]~P0[31]			
6	166	P0[5]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		I2S_RX_WS	I ² S 接收端字选择
		CAN_TD2	CAN2 发送器输出
		T2_CAP1	定时/计数器 2 通道 1 捕获输入
		R	保留
		R	
		R	
7	164	LCD_VD[1]	LCD 数据输入/输出 1
		P0[6]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		I2S_RX_SDA	I ² S 接收端数据信号
		SSP1_SSEL	SSP1 从模式选择
		T2_MAT0	定时/计数器 2 通道 0 匹配输出
		U1_RTS	UART1 请求发送端
		R	保留
		R	
8	162	LCD_VD[8]	LCD 数据输入/输出 8
		P0[7]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且无上拉无下拉)
		I2S_TX_SCK	I ² S 发送端时钟信号
		SSP1_SCK	SSP1 串行时钟
		T2_MAT1	定时/计数器 2 通道 1 匹配输出
		RTC_EV0	事件监测/记录器事件输入 0
		R	保留
		R	
9	160	LCD_VD[9]	LCD 数据输入/输出 9
		P0[8]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且无上拉无下拉)
		I2S_TX_WS	I ² S 发送端字选择信号
		SSP1_MISO	SSP1 主输入/从输出
		T2_MAT2	定时/计数器 2 通道 2 匹配输出
		RTC_EV1	事件监测/记录器事件输入 1
		R	保留
		R	
10	158	LCD_VD[16]	LCD 数据输入/输出 16
		P0[9]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且无上拉无下拉)
		I2S_TX_SDA	I ² S 发送端数据信号
		SSP1_MOSI	SSP1 主输出/从输入
		T2_MAT3	定时/计数器 2 通道 3 匹配输出
		RTC_EV2	事件监测/记录器事件输入 2
		R	保留
		R	
		LCD_VD[17]	LCD 数据输入/输出 17

续表

序号	引脚号	引脚名	含 义
P0[0]~P0[31]			
11	98	P0[10]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		U2_TXD	UART2 数据输出
		I2C2_SDA	I2C2 数据输入/输出
		T3_MAT0	定时/计数器 3 通道 0 匹配输出
12	100	P0[11]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		U2_RXD	UART2 数据输入
		I2C2_SCL	I2C2 时钟输入/输出
		T3_MAT1	定时/计数器 3 通道 1 匹配输出
13	41	P0[12]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		USB_PPWR2 #	USB2 端口有效信号
		SSP1_MISO	SSP1 主输入/从输出
		ADC0_IN[6]	ADC0 输入通道 6
14	45	P0[13]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		USB_UP_LED2	USB2 连接状态指示信号
		SSP1_MOSI	SSP1 主输出/从输入
		ADC0_IN7	ADC0 输入通道 7
15	69	P0[14]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		USB_HSTEN2 #	USB2 主机有效状态信号
		SSP1_SSEL	SSP1 从选择信号
		USB_CONNECT2	USB2 软件连接控制信号
16	128	P0[15]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		U1_TXD	UART1 数据输出
		SSP0_SCK	SSP0 串行时钟
17	130	P0[16]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		U1_RXD	UART1 数据输入
		SSP0_SSEL	SSP0 从模式选择
18	126	P0[17]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		U1_CTS	UART1 清除发送状态输入端
		SSP0_MISO	SSP0 主输入/从输出
19	124	P0[18]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		U1_DCD	UART1 数据载波检测输入端
		SSP0_MOSI	SSP0 主输出/从输入
20	122	P0[19]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		U1_DSR	UART1 数据就绪输入端
		SD_CLK	SD 卡接口时钟输出
		I2C1_SDA	I2C1 数据输入/输出
21	120	P0[20]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		U1_DTR	UART1 数据终端就绪输出端
		SD_CMD	SD 卡接口命令输入/输出
		I2C1_SCL	I2C1 时钟输入/输出

续表

序号	引脚号	引脚名	含 义
P0[0]~P0[31]			
22	118	P0[21]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		U1_RI	UART1 响铃提示输入端
		SD_PWR	SD 卡接口输出电源有效
		U4_OE	UART4 RS-485 输出有效
		CAN_RD1	CAN1 接收器输入
		U4_SCLK	USART4 同步模式下时钟输入/输出
23	116	P0[22]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		U1_RTS	UART1 请求对方发送输出端
		SD_DAT[0]	SD 卡接口数据输入/输出 0
		U4_TXD	USART4 数据输出
		CAN_TD1	CAN1 发送器输出
24	18	P0[23]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		ADC0_IN[0]	ADC0 输入通道 0
		I2S_RX_SCK	I ² S 接收端时钟
		T3_CAP0	定时/计数器 3 通道 0 捕获输入
25	16	P0[24]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		ADC0_IN[1]	ADC0 输入通道 1
		I2S_RX_WS	I ² S 接收端字选择信号
		T3_CAP1	定时/计数器 3 通道 1 捕获输入
26	14	P0[25]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		ADC0_IN[2]	ADC0 输入通道 2
		I2S_RX_SDA	I ² S 接收端数据信号
		U3_TXD	UART3 数据输出
27	12	P0[26]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		ADC0_IN[3]	ADC0 输入通道 3
		DAC_OUT	DAC 数据输出
		U3_RXD	UART3 数据输入
28	50	P0[27]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入)
		I2C0_SDA	I2C0 数据输入/输出
		USB_SDA1	带有 USB 收发器的 I ² C 串行数据
29	48	P0[28]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入)
		I2C0_SCL	I2C0 时钟输入/输出
		USB_SCL1	带有 USB 收发器的 I ² C 串行时钟
30	61	P0[29]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入)
		USB_D+1	USB1 双向 D+ 数据线
		EINT0#	外部中断 0 输入, 低有效
31	62	P0[30]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入)
		USB_D-1	USB1 双向 D- 数据线
		EINT1#	外部中断 1 输入, 低有效
32	51	P0[31]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入)
		USB_D+2	USB2 双向 D+ 数据线

续表

序号	引脚号	引脚名	含 义
P1[0]~P1[31]			
33	196	P1[0]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		ENET_TXD0	以太网发送数据 0 口(RMII/MII 接口)
		R	保留
		T3_CAP1	定时/计数器 3 通道 1 捕获输入
		SSP2_SCK	SSP2 串行时钟
34	194	P1[1]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		ENET_TXD1	以太网发送数据 1 口(RMII/MII 接口)
		R	保留
		T3_MAT3	定时/计数器 3 通道 3 匹配输出
		SSP2_MOSI	SSP2 主输出/从输入
35	185	P1[2]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		ENET_TXD2	以太网发送数据 2 口(MII 接口)
		SD_CLK	SD 卡接口时钟输出信号
		PWM0[1]	脉冲宽度调制器(PWM)0 输出 1 端
36	177	P1[3]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		ENET_TXD3	以太网发送数据 3 口(MII 接口)
		SD_CMD	SD 卡接口命令输入/输出信号
		PWM0[2]	脉冲宽度调制器(PWM)0 输出 2 端
37	192	P1[4]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		ENET_TX_EN	以太网发送数据有效信号(RMII/MII 接口)
		R	保留
		T3_MAT2	定时/计数器 3 通道 2 匹配输出
		SSP2_MISO	SSP2 主输入/从输出
38	156	P1[5]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		ENET_TX_ER	以太网发送数据错误(MII 接口)
		SD_PWR	SD 卡接口输出电源有效信号
		PWM0[3]	脉冲宽度调制器(PWM)0 输出 3 端
39	171	P1[6]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		ENET_TX_CLK	以太网发送端时钟输入信号(MII 接口)
		SD_DAT[0]	SD 卡接口数据信号 0
		PWM0[4]	脉冲宽度调制器(PWM)0 输出 4 端
40	153	P1[7]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		ENET_COL	以太网冲突检测输入信号(MII 接口)
		SD_DAT[1]	SD 卡接口数据信号 1
		PWM0[5]	脉冲宽度调制器(PWM)0 输出 5 端
41	190	P1[8]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		ENET_CRSDV(DV)	以太网载波监听(MII 接口)或数据有效(RMII 接口)
		R	保留
		T3_MAT1	定时/计数器 3 通道 1 匹配输出
		SSP2_SSEL	SSP2 从模式选择信号

续表

序号	引脚号	引脚名	含 义
P1[0]~P1[31]			
42	188	P1[9]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		ENET_RXD0	以太网接收数据 0 口(RMII/MII 接口)
		R	保留
		T3_MAT0	定时/计数器 3 通道 0 匹配输出
43	186	P1[10]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		ENET_RXD1	以太网接收数据 1 口(RMII/MII 接口)
		R	保留
		T3_CAP0	定时/计数器 3 通道 0 捕获输入
44	163	P1[11]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		ENET_RXD2	以太网接收数据 2 口(MII 接口)
		SD_DAT[2]	SD 卡接口数据信号 2
		PWM0[6]	脉冲宽度调制器(PWM)0 输出 6 端
45	157	P1[12]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		ENET_RXD3	以太网接收数据 3 口(MII 接口)
		SD_DAT[3]	SD 卡接口数据信号 3
		PWM0_CAP0	脉冲宽度调制器(PWM)0 通道 0 捕获输入
46	147	P1[13]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		ENET_RX_DV	以太网接收数据有效(MII 接口)
47	184	P1[14]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		ENET_RX_ER	以太网接收数据错误(RMII/MII 接口)
		R	保留
		T2_CAP0	定时/计数器 2 通道 0 捕获输入
48	182	P1[15]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		ENET_RX(REF)_CLK	以太网接收时钟(MII 接口)或参考时钟(RMII)输入端
		R	保留
		I2C2_SDA	I ² C2 数据输入/输出
49	180	P1[16]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		ENET_MDC	以太网 MIIM 时钟
		I2S_TX_MCLK	I ² S 发送端主时钟输出
50	178	P1[17]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		ENET_MDIO	以太网 MIIM 数据输入/输出
		I2S_RX_MCLK	I ² S 接收端主时钟输出
51	66	P1[18]	通用目的数字输入/输出引脚(复位: 输入且上拉有效)
		USB_UP_LED1	USB1 连接状态指示信号
		PWM1[1]	脉冲宽度调制器(PWM)1 通道 1 输出端
		T1_CAP0	定时/计数器 1 通道 0 捕获输入端
		R	保留
		SSP1_MISO	SSP1 主输入/从输出