



源程序下载地址：
<http://www.buaapress.com.cn>的“下载专区”

STM32F32位

ARM微控制器 应用设计与实践 (第2版)

黄智伟 王 兵 朱卫华 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

STM32F 32 位 ARM 微控制器 应用设计与实践 (第 2 版)

黄智伟 王 兵 朱卫华 编著

TP332.3
340-2
北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

以 STM32F 系列 32 位微控制器在工程应用中所需要的知识点为基础,系统介绍该系列微控制器的最小系统设计,工程建立、软件仿真调试与程序下载,GPIO、USART、ADC、DAC、定时器、看门狗、SPI、I²C、CAN、SDIO 接口的使用与编程,以及 LCD、触摸屏、Flash 存储器、颜色传感器、光强检测传感器、图像传感器、加速度传感器、角度位移传感器、音频编解码器、RFID、射频无线收发器、数字调频无线电接收机、DDS、CAN 收发器、Micro SD 卡、步进电机、交流调压等模块的使用与编程。本书所有示例程序均通过验证,相关程序代码可以免费下载。

本书可以作为工程技术人员进行 STM32F 32 位微控制器应用设计与开发的参考书;也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,进行电子制作、课程设计、毕业设计的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

STM32F 32 位微控制器应用设计与实践 / 黄智伟, 王兵, 朱卫华编著. --2 版. --北京:北京航空航天大学出版社,2014.4

ISBN 978-7-5124-1495-2

I. ① S… II. ① 黄… ② 王… ③ 朱… III. ① 微控制器 IV. ① TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 035149 号

版权所有,侵权必究。

STM32F 32 位 ARM 微控制器应用设计与实践(第 2 版)

黄智伟 王 兵 朱卫华 编著

责任编辑 刘 星

*

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:emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316524

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:30.25 字数:681 千字

2014 年 4 月第 2 版 2014 年 4 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-1495-2 定价:68.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

前 言

STM32 系列 32 位微控制器是 STMicroelectronics 公司为用户提供的具有高性能、高度兼容、易开发、低功耗、低工作电压以及实时、数字信号处理的 32 位闪存微控制器产品,包含有内置 ARM Cortex - M3 内核的 STM32 L1、STM32 F1、STM32 F2 系列超低功耗微控制器,以及内置 ARM Cortex - M4 内核的、具有数字信号处理指令和浮点运算单元的 STM32 F4 系列高性能微控制器。

本书以 STM32F 系列 32 位微控制器在工程应用中所需要的知识点为基础,突出 STM32F 32 位微控制器应用的基本方法,以实例为模板,叙述简洁清晰,工程性强,提供了完整的示例程序代码,可以作为工程技术人员进行 STM32F 32 位微控制器应用设计与开发的参考书。

随着全国大学生电子设计竞赛的深入和发展,竞赛题目所要求的深度、难度都有很大的提高,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、FPGA 外,ARM、DSP 等高性能的微控制器及最小系统也开始在电子设计竞赛中得到应用。本书也可以作为高等院校电子信息工程、通信工程、自动化、电气控制等相关专业学生在电子设计竞赛中应用 STM32F 32 位微控制器的培训教材,以及参加电子制作、课程设计、毕业设计等的教学参考书。

全书共分 14 章。第 1 章介绍 STM32F 32 位微控制器最小系统设计,包括电路和 PCB 设计。第 2 章介绍 STM32F 的固件函数库、工程建立、软件仿真调试、程序下载以及怎样在 RAM 中调试程序。第 3 章介绍 delay 和 sys 文件函数的使用。第 4 章介绍 STM32F GPIO 的使用、编程示例及外部中断操作。第 5 章介绍 STM32F USART 的使用、USART - USB 转换、USART 的中断操作及 DMA 操作。第 6 章介绍 STM32F ADC 的使用、ADC 的 DMA 连续转换模式、WDJ36 - 1/WDD35S 角度位移传感器操作示例程序设计和程序。第 7 章介绍 STM32F DAC 的使用,DAC 软件触发模式、DAC 定时器触发模式及 DAC 三角波生成模式的示例程序设计和程序。第 8 章介绍 STM32F 定时器的使用,定时器的输入捕获模式、定时器的输出比较模式,STM32F 的 PWM 示例程序设计和程序,颜色传感器 TCS230、步进电机及交流调压模块的示例程序设计和程序。第 9 章介绍 STM32F 看门狗的使用,独立看门狗和窗口看门狗的示例

程序设计和程序。第10章介绍STM32F FSMC的使用,FSMC驱动TFT LCD的示例程序设计和程序。第11章介绍STM32F的SPI的使用,SPI控制数字电位器MAX5413/14/15的示例程序设计和程序,GPIO模拟SPI控制触摸屏的程序设计和程序,以及加速度传感器MMA7455L、音频编解码器VS1003、RFID MF RC522和Mi-fare standard卡、Flash存储器W25X16、射频无线收发器nRF24L01和DDS AD9852的使用示例程序设计和程序。第12章介绍STM32F的I²C的使用,STM32F I²C的示例程序设计和程序,以及光强检测传感器BH1750FVI、CMOS图像传感器OV7670、数字调频无线电接收机TEA5767的使用示例程序设计和程序。第13章介绍STM32F的bxCAN的使用,STM32F外接CAN收发器,CAN操作的示例程序设计和程序。第14章介绍STM32F的SDIO的使用,Micro SD卡与STM32F的连接,Micro SD卡读/写操作的示例程序设计和程序,以及SDIO+FatFs实现的FAT文件系统的示例程序设计和程序。

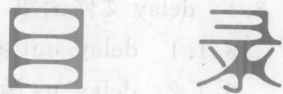
本书所有示例程序均通过验证,相关程序可以在北京航空航天大学出版社的“下载专区”免费下载。

在编写本书的过程中,作者参考了一些国内外相关著作和资料,参考并引用了ST-Microelectronics公司提供的技术资料和应用笔记,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。李富英高级工程师对本书进行了审阅,王兵对本书中的示例进行了编程与验证,南华大学朱卫华副教授、王彦教授、陈文光教授、李圣副教授,以及刘光达、刘鹏程、刘峰、胡孝平、彭坤、葛厚洋、刘广、胡景文、蒋万辉、杨福光、王希勤、徐花平、安庆隆、王守超、蒋智、王利、丑佳文、马宇辉、李彬鸿、邓松波、周斌、曾智、刘业、杨威、郝沛、戴宇明、邵卫龙、陈星源、袁帅春等人为本书的编写也做了大量的工作,在此一并表示衷心的感谢。同时感谢“国家级大学生创新创业训练计划项目”(201210555009)课题组,湖南省普通高等院校教学改革研究项目(20120216)和(20130216)课题组,湖南省大学生研究性学习与创新性实验计划项目(201209)课题组,对本书编写所做的大量工作和支持。

由于我们水平有限,不足之处敬请各位读者斧正。有兴趣的朋友,请发送邮件到fuzhi619@sina.com,与本书作者沟通,也可以发送邮件到emsbook@gmail.com,与本书策划编辑进行交流。

黄智伟

2014年2月于南华大学



录

第 1 章 STM32F 系列 32 位微控制器最小系统设计	1
1.1 STM32 系列 32 位微控制器简介	1
1.2 STM32F103xx 系列微控制器简介	5
1.2.1 STM32F103xx 系列微控制器的主要特性	5
1.2.2 STM32F103xx 系列微控制器的内部结构	6
1.3 STM32F 系列 32 位微控制器系统板设计示例	7
1.3.1 系统板简介	7
1.3.2 系统板 PCB 图	13
第 2 章 工程建立、软件仿真调试与程序下载	16
2.1 STM32F 的固件函数库	16
2.1.1 固件函数库简介	16
2.1.2 固件函数库文件夹结构	16
2.1.3 与外设/单元有关的库函数	18
2.2 工程建立	20
2.2.1 下载 ST3.00 外设库	20
2.2.2 进入工程建立	21
2.2.3 进行选项设置	21
2.2.4 进行工程相关设置	30
2.2.5 设置仿真调试选项	35
2.3 软件仿真调试	39
2.3.1 软件仿真设置	39
2.3.2 启动软件仿真	40
2.4 程序下载	47
2.4.1 利用串口下载程序	47

2.4.2	利用J-LINK 下载程序	51
2.5	怎样在RAM 中调试程序	56
第3章	delay 和 sys 文件函数的使用	64
3.1	delay 文件函数	64
3.1.1	delay_init 函数	64
3.1.2	delay_us 函数	65
3.1.3	delay_ms 函数	66
3.2	sys 文件函数	67
3.2.1	I/O 口的位操作	67
3.2.2	Stm32_Clock_Init 函数	68
3.2.3	Sys_Soft_Reset 函数	70
3.2.4	Sys_SleepDeep 函数	71
3.3	编程示例	73
3.3.1	添加文件到工程	73
3.3.2	delay 示例程序	73
3.3.3	sys 示例程序清单	75
3.3.4	主函数程序	78
第4章	GPIO 的使用	81
4.1	STM32F GPIO 简介	81
4.2	GPIO 编程示例	81
4.3	外部中断操作	85
4.3.1	STM32F 外部中断设置	85
4.3.2	外部中断操作示例程序设计	86
4.3.3	外部中断操作示例程序	86
第5章	USART 的使用	92
5.1	STM32F USART 简介	92
5.1.1	串行接口基本原理与结构	92
5.1.2	STM32F USART 的基本特性	95
5.1.3	STM32F USART 的操作	96
5.2	USART-USB 转换	99
5.2.1	USART-USB 转换模块硬件设计	99
5.2.2	USART-USB 转换示例程序设计	101
5.2.3	USART-USB 转换示例程序	104
5.3	USART 的中断操作	109

5.3.1	USART 的中断操作示例程序设计	109
5.3.2	USART 的中断操作示例程序	110
5.4	USART 的 DMA 操作	113
5.4.1	STM32F 的 DMA	113
5.4.2	USART 的 DMA 操作示例程序设计	116
5.4.3	USART 的 DMA 操作示例程序	117
第 6 章	ADC 的使用	124
6.1	STM32F 的 ADC	124
6.1.1	STM32F 的 ADC 简介	124
6.1.2	ADC 模块自身相关的误差	124
6.1.3	ADC 的外部输入阻抗 R_{AIN}	126
6.1.4	采用独立 ADC 供电以及参考电压	127
6.2	ADC 的 DMA 连续转换模式	127
6.2.1	ADC 的 DMA 连续转换模式程序设计	127
6.2.2	ADC 的 DMA 连续转换模式程序	129
6.3	角度位移传感器的使用	134
6.3.1	角度位移传感器简介	134
6.3.2	角度位移传感器操作示例程序	135
第 7 章	DAC 的使用	138
7.1	STM32F 的 DAC 简介	138
7.2	影响 DAC 精度的一些技术指标	138
7.2.1	DAC 的转换函数	138
7.2.2	DAC 的偏置误差	138
7.2.3	DAC 的增益误差	139
7.2.4	DAC 的微分非线性误差	140
7.2.5	DAC 的积分非线性误差	140
7.2.6	DAC 的绝对精度误差	141
7.3	DAC 软件触发模式示例程序设计	142
7.3.1	DAC 软件触发模式配置	142
7.3.2	DAC 软件触发模式示例程序	142
7.4	DAC 定时器触发模式示例程序设计	144
7.4.1	DAC 定时器触发配置	144
7.4.2	DAC 定时器触发示例程序	146
7.5	DAC 三角波生成模式示例程序设计	149
7.5.1	DAC 三角波生成模式配置	149

7.5.2	DAC 三角波生成模式示例程序	150
第 8 章	定时器的使用	153
8.1	STM32F 的定时器简介	153
8.2	基本定时器的使用	154
8.2.1	基本定时器的寄存器设置	154
8.2.2	定时器的时钟	157
8.2.3	基本定时器的示例程序设计	159
8.2.4	基本定时器的示例程序	160
8.3	定时器的输入捕获模式	163
8.3.1	定时器的输入捕获模式简介	163
8.3.2	定时器的输入滤波设置	164
8.3.3	定时器的输入捕获模式示例程序设计	165
8.3.4	定时器的输入捕获模式示例程序	166
8.4	STM32F 定时器的输出比较模式	169
8.4.1	定时器输出比较模式库函数	169
8.4.2	定时器输出比较模式示例程序设计	170
8.4.3	定时器输出比较模式示例程序	171
8.5	STM32F 定时器的 PWM 输出	176
8.5.1	STM32F 的 PWM 设置	176
8.5.2	STM32F 的 PWM 示例程序设计	178
8.5.3	STM32F 的 PWM 示例程序	179
8.6	颜色传感器 TCS230 的使用	183
8.6.1	常用的色彩传感器	183
8.6.2	TCS230 可编程颜色光-频率转换器	184
8.6.3	TCS230 颜色识别的参数计算	185
8.6.4	TCS230 操作示例程序设计	188
8.6.5	TCS230 操作示例程序	188
8.7	步进电机控制	195
8.7.1	TA8435H 简介	195
8.7.2	TA8435H 步进电机驱动电路	196
8.7.3	步进电机控制示例程序设计	197
8.7.4	步进电机控制示例程序	198
8.8	交流调压控制	201
8.8.1	交流调压电路	201
8.8.2	交流调压控制示例程序设计	202
8.8.3	交流调压控制示例程序	202

第9章 看门狗的使用	207
9.1 独立看门狗	207
9.1.1 独立看门狗的寄存器设置	207
9.1.2 独立看门狗的示例程序设计	209
9.1.3 独立看门狗的示例程序	210
9.2 窗口看门狗	212
9.2.1 窗口看门狗的寄存器设置	212
9.2.2 窗口看门狗的示例程序设计	215
9.2.3 窗口看门狗的示例程序	216
第10章 FSMC的使用	220
10.1 STM32F的FSMC	220
10.1.1 STM32F的FSMC简介	220
10.1.2 FSMC内部结构和映射地址空间	221
10.1.3 FSMC总线配置步骤	222
10.2 FSMC驱动TFT LCD	224
10.2.1 TFT LCD简介	224
10.2.2 TFT LCD与STM32F的连接	224
10.2.3 确定FSMC映射地址	225
10.2.4 FSMC驱动TFT LCD的示例程序设计	226
10.2.5 FSMC驱动TFT LCD的示例程序	230
第11章 SPI的使用	237
11.1 STM32F的SPI	237
11.1.1 SPI接口基本原理与结构	237
11.1.2 STM32F SPI简介	238
11.2 SPI的示例程序设计	240
11.2.1 SPI的配置步骤	240
11.2.2 数字电位器MAX5413/MAX5414/MAX5415简介	240
11.2.3 SPI的示例程序	242
11.3 GPIO模拟SPI控制触摸屏	244
11.3.1 触摸屏工作原理与结构	244
11.3.2 采用专用芯片的触摸屏控制电路	246
11.3.3 触摸屏控制示例程序设计	248
11.3.4 触摸屏控制示例程序	250
11.4 加速度传感器MMA7455L的使用	258

目 录

11.4.1	MMA7455L 内部结构及工作原理	258
11.4.2	MMA7455L 引脚功能及应用电路	259
11.4.3	MMA7455L 工作模式	261
11.4.4	MMA7455L 加速度校准方法	263
11.4.5	MMA7455L 应用示例程序设计	264
11.4.6	MMA7455L 应用示例程序	266
11.5	音频编解码器 VS1003 的使用	267
11.5.1	VS1003 简介	267
11.5.2	VS1003 与 STM32F 连接	267
11.5.3	VS1003 的常用寄存器	267
11.5.4	VS1003 的寄存器读/写操作	272
11.5.5	VS1003 应用示例程序设计	274
11.5.6	VS1003 应用示例程序	275
11.6	MF RC522 和 Mifare standard 卡的使用	278
11.6.1	MF RC522 简介	278
11.6.2	Mifare standard 卡简介	280
11.6.3	Mifare 1 卡的读/写操作	283
11.6.4	MF RC522 的 SPI 接口操作	285
11.6.5	MF RC522 与 Mifare 1 操作示例程序设计	288
11.6.6	MF RC522 与 Mifare 1 卡操作示例程序	292
11.7	Flash 存储器 W25X16 的使用	294
11.7.1	W25X16 简介	294
11.7.2	W25X16 操作示例程序设计	295
11.7.3	W25X16 操作示例程序	298
11.8	nRF24L01 的使用	308
11.8.1	nRF24L01 简介	308
11.8.2	nRF24L01 的 SPI 时序	310
11.8.3	nRF24L01 SPI 接口指令设置	311
11.8.4	nRF24L01 的 ShockBurst 模式	312
11.8.5	增强型 ShockBurst 发送/接收模式操作	315
11.8.6	nRF24L01 操作示例程序设计	316
11.8.7	nRF24L01 发送操作示例程序	317
11.8.8	nRF24L01 接收操作示例程序	327
11.9	DDS AD9852 的使用	337
11.9.1	DDS AD9852 的主要技术特性	337
11.9.2	AD9852 的内部结构与功能	338
11.9.3	AD9852 的工作模式	341

11.9.4	AD9852 的工作时序	349
11.9.5	AD9852 的应用电路	352
11.9.6	AD9852 操作示例程序设计	354
11.9.7	AD9852 操作示例程序	354
第 12 章	I²C 的使用	357
12.1	STM32F 的 I ² C	357
12.1.1	I ² C 接口基本原理与结构	357
12.1.2	STM32F 的 I ² C 简介	358
12.2	STM32F I ² C 的示例程序设计	359
12.2.1	STM32F 的 I ² C 初始化配置	359
12.2.2	24Cxx 系列 EEPROM 简介	360
12.2.3	24Cxx 系列 EEPROM 示例程序设计	363
12.2.4	24Cxx 系列 EEPROM 示例程序	364
12.3	光强检测传感器 BH1750FVI 的使用	372
12.3.1	BH1750FVI 简介	372
12.3.2	BH1750FVI 的 VCC 和 DVI 电源供应时序	373
12.3.3	BH1750FVI 的 I ² C 接口时序	374
12.3.4	BH1750FVI 的示例程序设计	376
12.3.5	BH1750FVI 的示例程序	376
12.4	CMOS 图像传感器 OV7670 的使用	383
12.4.1	CMOS 图像传感器 OV7670 简介	383
12.4.2	视频帧存储器 AL422B 简介	384
12.4.3	基于 OV7670 的图像采集电路	385
12.4.4	OV7670 操作示例程序设计	386
12.4.5	OV7670 操作示例程序	388
12.5	数字调频无线电芯片 TEA5767 的使用	400
12.5.1	数字调频无线电芯片 TEA5767 简介	400
12.5.2	立体声耳机放大器 MAX13330/13331 简介	403
12.5.3	数字调频无线电接收机电路	404
12.5.4	TEA5767 操作示例程序设计	404
12.5.5	TEA5767 操作示例程序	410
第 13 章	CAN 的使用	412
13.1	CAN 总线简介	412
13.2	STM32F 的 bxCAN	414
13.2.1	bxCAN 的主要特点	414

目 录

13.2.2	bxCAN 的工作模式	414
13.2.3	bxCAN 发送报文的流程	415
13.2.4	bxCAN 的报文接收	416
13.2.5	bxCAN 的时间触发通信模式	417
13.2.6	bxCAN 过滤器	417
13.3	STM32F 外接 CAN 收发器	420
13.4	CAN 操作示例程序设计	421
13.4.1	CAN 初始化配置	421
13.4.2	CAN 操作示例程序的实现	425
13.5	CAN 操作示例程序	426
13.5.1	节点 1 程序	426
13.5.2	节点 2 程序	431
第 14 章	SDIO 的使用	438
14.1	STM32F 的 SDIO 简介	438
14.2	Micro SD 卡	438
14.2.1	Micro SD 卡简介	438
14.2.2	Micro SD 卡初始化	440
14.2.3	Micro SD 卡读数据块操作	440
14.2.4	Micro SD 卡写数据块操作	441
14.2.5	Micro SD 卡与 STM32F 的连接	442
14.3	Micro SD 卡操作示例程序设计	443
14.3.1	SDIO 操作示例程序设计	443
14.3.2	SDIO 操作示例程序	445
14.4	SDIO+FatFs 实现 FAT 文件系统	449
14.4.1	FatFs 简介	449
14.4.2	源代码的结构	450
14.4.3	SDIO+FatFs 实现 FAT 文件系统程序设计	461
14.4.4	SDIO+FatFs 实现 FAT 文件系统程序	462
参考文献		467

第 1 章

STM32F 系列 32 位微控制器最小系统设计

1.1 STM32 系列 32 位微控制器简介

ST Microelectronics(意法半导体)公司为用户提供了一系列具有高性能、高度兼容、易开发、低功耗、低工作电压以及实时、数字信号处理的 32 位闪存微控制器产品。其开发的基于 ARM Cortex - M 处理器的 STM32 32 位闪存微控制器产品系列如图 1.1.1 所示。品种齐全的 STM32 产品基于行业标准内核,提供了大量工具和软件选项,使该系列产品成为小型项目和完整平台的理想选择。

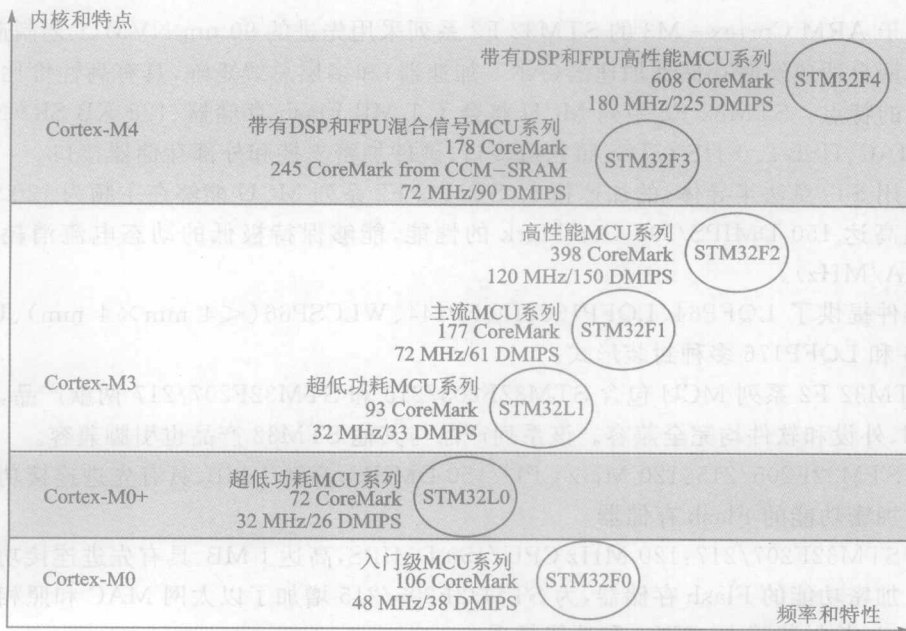


图 1.1.1 STM32 32 位闪存微控制器产品系列示意图

1. STM32 F0 入门级 Cortex - M0 MCU

基于 ARM Cortex - M0 的 STM32 F0 系列实现了 32 位性能,同时传承了 STM32 系列的重要特性,特别适于成本敏感型应用。STM32 F0 MCU 集实时性能、低功耗运算、与 STM32 平台相关的先进架构及外设于一身。STM32F0 系列产品包含有

第1章 STM32F 系列 32 位微控制器最小系统设计

STM32F0x8MCU、STM32F0x2MCU、STM32F0x1MCU、STM32F030MCU。电源电压范围 1.8~3.6 V,提供多种封装类型,适于各种应用和市场,在传统 8 位和 16 位市场极具竞争力。

2. STM32 F1 系列 MCU

STM32 F1 系列为主流 MCU,科研满足工业、医疗和消费类市场的各种应用需求。该系列产品利用一流的外设和低功耗、低压操作实现了高性能、高集成度和低价格。

STM32 F1 系列 MCU 该系列包含 5 个产品线,它们的引脚、外设和软件均兼容。

- ▶ 超值型 STM32F100:24 MHz CPU,512 KB 的 Flash,32 KB 的 RAM,具有电机控制和 CEC 功能。
- ▶ 基本型 STM32F101:36 MHz CPU,具有高达 1 MB 的 Flash 和 80 KB 的 RAM。
- ▶ STM32F102:48 MHz CPU,具备 USB 2.0FS,128 KB 的 Flash 和 16 KB 的 RAM。
- ▶ 增强型 STM32F103:72 MHz CPU,具有高达 1 MB 的 Flash、16 KB 的 RAM、USB 2.0FS 和 CAN2.0B,电机控制。
- ▶ 互联型 STM32F105/107:72 MHz CPU,具有以太网 MAC、USB 2.0FS OTG、CAN2.0B 和 $2 \times T^S$ 音频接口。

3. STM32 F2 系列高性能 MCU

基于 ARM Cortex - M3 的 STM32 F2 系列采用先进的 90 nm NVM 工艺制造,具有创新型自适应实时存储器加速器(ART 加速器)和多层总线矩阵,具有高性价比和高集成度的特点。STM32 F2 系列 MCU 整合了 1 MB Flash 存储器、128 KB SRAM、以太网 MAC、USB 2.0 HS OTG、照相机接口、硬件加密支持和外部存储器接口。

利用 ST(意法半导体)的加速技术,STM32 F2 系列 MCU 能够在主频为 120 MHz 下实现高达 150 DMIPS/398 CoreMark 的性能,能够保持极低的动态电流消耗水平(175 μ A/MHz)。

器件提供了 LQFP64、LQFP100、LQFP144、WLCSP66($< 4 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$)、UFBGA176 和 LQFP176 多种封装形式。

STM32 F2 系列 MCU 包含 STM32F205/215 和 STM32F207/217 两款产品,它们的引脚、外设和软件均完全兼容。该系列产品与其他 STM32 产品也引脚兼容。

- ▶ STM32F205/215:120 MHz CPU/150 DMIPS,高达 1 MB、具有先进连接功能和加密功能的 Flash 存储器。
- ▶ STM32F207/217:120 MHz CPU/150 DMIPS,高达 1 MB、具有先进连接功能和加密功能的 Flash 存储器,为 STM32F205/215 增加了以太网 MAC 和照相机接口;其封装越大,GPIO 和功能越多。

4. 带有 DSP 和 FPU 指令的 STM32 F3 系列混合信号 MCU

STM32 F3 系列 MCU 整合了工作频率为 72 MHz 的 32 位 ARM Cortex - M4 内核(DSP、FPU)和先进模拟外设集,从而削减了 BOM 成本,简化了应用板设计,包含:

- ▶ 快速比较器(50 ns);
- ▶ 可编程增益放大器(4 种增益范围);

- 12 位 DAC;
- 快速 12 位 ADC(5 MSPS/通道、交错模式下的性能高达 18 MSPS);
- 16 位 $\Sigma - \Delta$ (sigma - delta)ADC;
- 快速 144 MHz 电机控制定时器、定时分辨率高达 7 ns。

STM32 F3 系列 MCU 产品能够让用户通过添加性能更高的内核和增强型外设而从 STM32 F1 系列升级到最新产品上来。它包含:

- STM32F302 系列具有 256 KB 的 Flash, 32 KB 的 RAM, 2×12 bit ADC, 1×12 bit DAC, 1×16 bit AMC 定时器。为通用应用提供了竞争优势,与相应的 STM32 F1 器件引脚兼容。
- STM32F303/313 系列具有 256 KB 的 Flash, 40 KB 的 RAM, 8 KB 的 CCM - RAM, 4×12 bit ADC, 2×12 bit DAC, 2×16 bit AMC 定时器。采用特定的存储器架构,实现了更高的性能,能够在超快速 RAM 存储器内执行需要及时、高速处理的程序。
- STM32F373/383 系列具有 256 KB 的 Flash, 32 KB 的 RAM, 3×16 bit $\Sigma - \Delta$ (sigma - delta)ADC, 1×12 bit ADC(1 MSPS), 2×12 bit DAC, HMDI CEC。具有板载 3 通道 16 位 $\Sigma - \Delta$ ADC,能够在生物识别传感器和智能计量等应用中实现高精度感测。

STM32 F3 系列 MCU 提供 WLCSP66(低于 $4.3 \text{ mm} \times 4.3 \text{ mm}$)、LQFP48、LQFP64、LQFP100 和 UFBGA100 这 5 种封装形式。

5. 带有 DSP 和 FPU 指令的 STM32 F4 高性能微控制器系列

STM32 F4 系列是具有 DSP(数字信号处理)和 FPU(浮点运算单元)指令的高性能微控制器产品,具有意法半导体公司特有的 ART 加速器,在工作频率为 168 MHz 时,处理性能达到 210 DMIPS,数字信号处理(DSP)和浮点运算单元(FPU)指令扩大了产品的应用范围。

STM32 F4 系列是微控制器的实时控制功能与数字信号处理器的信号处理功能的完美结合体,为 STM32 产品系列增添了一类新型器件——数字信号控制器(DSC)。

STM32 F4 系列保持与 STM32 F2 系列的引脚到引脚及软件兼容,并提供更多静态随机存储器(SRAM),同时对一些外设进行了改进,如全双工 I²S 总线、实时时钟(RTC)和速度更快的模/数转换器(ADC)。

- STM32F401:84 MHz CPU/105 DMIPS 是 STM32 F4 系列入门级产品,提供较低的功耗和小外形封装。
- STM32F405/415:168 MHz CPU/210 DMIPS, 高达 1 MB、具有先进连接功能和加密功能的 Flash 存储器。
- STM32F407/417:168 MHz CPU/210 DMIPS, 高达 1 MB 的 Flash 存储器、以太网 MAC 和 STM32F405/415 具有相机接口。
- STM32F427/437:168 MHz CPU/210 DMIPS, 高达 2 MB、具有先进连接功能和加密功能的 Flash 存储器。
- STM32F429/439:180 MHz CPU/225 DMIPS, 高达 2 MB 双 Bank Flash 存储

第 1 章 STM32F 系列 32 位微控制器最小系统设计

器、SDRAM 接口、TFT LCD 控制器和串联音频接口。

STM32 F4 系列产品采用 WLCSP ($<4.5 \text{ mm} \times 4.5 \text{ mm}$)、LQFP64、LQFP100、LQFP144、LQFP176 和 UFBGA176 封装。

6. STM32L0 超低功耗系列 MCU

STM32L0 超低功耗系列 MCU 具有:

- ▶ STM32L0x1: 具有 64 KB 的 Flash, 8 KB 的 RAM, 2 KB 的 EEPROM, 128 bit AES。
- ▶ STM32L0x2: 具有 64 KB 的 Flash, 8 KB 的 RAM, 2 KB 的 EEPROM, 128 bit AES, 触摸传感器, USB2.0FS。
- ▶ STM32L0x3: 具有 64 KB 的 Flash, 8 KB 的 RAM, 2 KB 的 EEPROM, 128 bit AES, 触摸传感器, USB2.0FS, 8×28 LCD。

7. STM32-L1 系列超低功耗微控制器

STM32 L1 系列超低功耗微控制器, 基于 Cortex-M3 内核, 工作频率为 32 MHz, 在性能、特性、存储器容量和封装引脚数量方面扩展了超低功耗产品系列, 最低功耗模式电流消耗为 $0.27 \mu\text{A}$, 动态运行模式为 $230 \mu\text{A}/\text{MHz}$ 。STM32 L1 分为 STM32L100、STM32L151、STM32L152 (LCD)、STM32L162 (LCD 和 AES-128), 集合了 STM32F 和 STM8L 的优化功能, 是需要高性能同时特别关注功耗的应用领域的最佳选择。

8. STM32T 系列

意法半导体的 STM32TS60 电阻式多点触摸控制器是触摸感应平台的首款产品, 能够同时检测和跟踪 10 个触点, 响应时间非常快, 而且还能够在有效和休眠模式下保持低的功耗。利用这个单片解决方案, 应用设计人员能够开发更直观和自然的操作控制按键, 准许用户在屏幕上用手指、指尖或触摸笔操作按键, 替代按照顺序排列的复杂的菜单选项。采用零待机功耗技术, 只要手指轻轻一触, 即可唤醒 STM32TS60。

9. STM32W108 系列无线 MCU

STM32W108 系列无线 MCU 具有出色的射频和低功耗微控制器性能:

- ▶ 嵌入式 2.4 GHz IEEE 802.15.4 射频。
- ▶ 利用 ARM Cortex-M3 内核实现了同类产品中最佳的代码密度。
- ▶ 低功耗架构。
- ▶ 带有额外应用集成资源的开放式平台:
 - 可配置 I/O、模/数转换器、定时器、SPI 和 UART;
 - 主软件库: RF4CE、IEEE 802.15.4 MAC。

由于具有高达 109 dB 的可配置链路总预算和 ARM Cortex-M3 内核的出色能效, STM32W 已成为无线传感器网络市场的完美之选。

STM32W108 系列包括带有 64~256 KB 片上 Flash 存储器和 16 KB SRAM 的器件, 采用 VFQFN40、UFQFN48 和 VFQFN48 封装。

有关 STM32 系列 32 位微控制器的更多内容, 请登录 <http://www.st.com/web/cn/catalog/mmc/FM141/SC1169> 查询。