

Atmel 中国大学计划教材

ARM Cortex-M0+ 微控制器原理与应用

——基于Atmel SAM D20系列

沈建华 郝立平 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

014059453

TP332.3
377

内容简介

Atmel 中国大学计划教材

ARM Cortex-M0+ 微控制器原理与应用

——基于 Atmel SAM D20 系列

沈建华 郝立平 编著



北京航空航天大学出版社



北航

C1745725

TP332.3
377

014028423

内 容 简 介

本书全面、系统地介绍 Atmel 公司基于 ARM Cortex-M0+内核的 SAM D20 系列 32 位超低功耗微控制器的特点、原理和基本应用开发。主要内容包括:ARM Cortex-M0+内核简介,SAM D20 特点、功能和体系结构,SAM D20 系统控制(时钟系统、电源管理和中断/事件系统等),SAM D20 外设(GPIO、多功能串行接口、定时器、模拟外设和触摸控制器等)的原理和使用方法,软硬件开发工具和 ASF 软件库,应用系统设计举例等。本书有丰富的外设测试、应用实例和源代码。

本书可供从事微控制器产品设计、开发的工程技术人员参考,也适合于广大 MCU 爱好者作为自学、实践的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

ARM Cortex-M0+微控制器原理与应用:基于 Atmel SAM D20 系列 / 沈建华,郝立平编著. —北京:北京航空航天大学出版社,2014.8

ISBN 978-7-5124-1418-1

I. ①A… II. ①沈… ②郝… III. ①微控制器—研究
IV. ①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 166002 号

版权所有,侵权必究。

ARM Cortex-M0+微控制器原理与应用 ——基于 Atmel SAM D20 系列

沈建华 郝立平 编著

责任编辑 王 实

*

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

北京楠海印刷厂印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:26 字数:554 千字

2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-1418-1 定价:59.00 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

微控制器(MCU/单片机)的应用日趋广泛,对其综合性能、功能要求也越来越高。随着物联网时代的到来,新的应用出现了一些新的需求,主要体现在以下几方面:

(1) 以电池供电的应用越来越多,而且由于产品体积的限制,很多是用小型电池供电,要求系统功耗尽可能低,如智能仪表、玩具等。

(2) 随着应用复杂性的提高,对处理器的功能和性能要求不断提高,既要外设丰富、功能灵活,又要有一定的运算能力,能处理一些实时算法、协议,如基于 ZigBee、WiFi 的网络化产品。

(3) 产品更新速度快,开发时间短,希望开发工具简单、廉价,功能完善。特别是开发环境、工具要有延续性,便于代码移植,同时有丰富的软件库支持。

Atmel 公司推出的 SAM D20 系列 32 位超低功耗微控制器,集多种领先技术于一体,整合了 32 位 RISC 处理器、超低功耗技术、高性能模拟技术、丰富的外设、SWD 仿真调试及丰富的软件库,是新一代高性能、低功耗单片机。

在低功耗方面,其处理器功耗在正常运行模式可低至约 $70\ \mu\text{A}/\text{MHz}$,在 IDLE 模式约为 $2\ \text{mA}$,在 STANDBY 模式约为 $5\ \mu\text{A}$,还支持外设“梦游”。这些特性、指标非常有助于开发出低功耗的终端产品。

在性能方面,SAM D20 单片机采用 ARM Cortex-M0+ 32 位 RISC 内核,工作时钟频率可达 $48\ \text{MHz}$ (性能达 $2.14\ \text{Coremark}/\text{MHz}$),多达 $256\ \text{KB}$ Flash 和 $32\ \text{KB}$ 的 SRAM,并具有单周期 32 位硬件乘法器。高效的 CPU 和足够的存储器,大大增强了它的数据处理和运算能力,可以有效地实现一些数字信号处理的算法(如 FFT、DTMF 等)和网络协议栈,非常适合物联网应用。

在系统整合方面,SAM D20 系列单片机集成了多种高性能外设模块,包括多个内部、外部时钟源、电源管理、8 通道事件系统、可编程中断控制器、多达 8 个 16 位定时/计数器(可级联使用成 32 位)、模拟比较器、多达 6 个串行模块(可配置为 SPI/I²C/UART)、12 位 ADC(支持过采样、增益控制)、10 位 DAC、看门狗定时器(WDT)、多达 52 个 GPIO 及电容式触摸(最多 256 点)。SAM D20 系列单片机均为工业级产品,性能稳定,可靠性高,可用于各种民用、工业产品。

在开发工具方面,SAM D20 系列单片机支持二线串行调试(SWD),可使用非常廉价、通用的 ARM 仿真器(如 JLink、ULink 等)。其软件开发环境有 Atmel Studio

和通用的 IAR EWARM、Keil MDK 等,应用代码可以非常方便地移植到其他 ARM Cortex-M 系列微控制器上(如 Cortex-M3/M4)。

华东师范大学计算机系嵌入式系统实验室曾与多家全球著名的半导体厂商(如 Atmel、ST、TI 等公司)合作,在 MCU 应用开发、推广方面积累了丰富的经验。为了方便广大学生和研发工程师尽快掌握 SAM D20 微控制器的使用,更好地推广 Atmel 公司的最新 MCU 技术和产品,在 Atmel 公司美国总部、Atmel 公司大学计划部(中国)和北京航空航天大学出版社的支持下,我们编著了此书,目的是为广大读者提供一本较为完整、系统的 SAM D20 应用和设计参考书。本书主要以 Atmel SAM D20 原版数据手册的内容为基础,增加了 ARM Cortex-M0 内核、Atmel Studio 开发工具、Atmel ASF,以及硬件评估板、开发板介绍等。为了方便学习和实践,我们还开发了较完整的配套实验例程,以及一个“WiFi 气象站”的应用实例。

参与本书编写和资料整理、硬件设计和代码验证等工作的还有华东师范大学计算机系林晓祥、王昕、李凯、胡旭、郑佳敏和方岑等。Atmel 公司的技术经理 John Xiong 还对本书初稿进行了修改。在成书过程中,得到了 Atmel(上海)有限公司大学计划部经理姜宁、Tan AK,上海德研电子科技有限公司陈宫、姜哲及北京航空航天大学出版社胡晓柏的大力支持,在此向他们表示衷心的感谢。

由于时间仓促和水平所限,同时在成书过程中(直至交稿时)Atmel 公司的官方资料还在不断更新,所以本书有些内容不尽完善,错误之处也在所难免,恳请读者批评指正,以便我们及时修正。有关此书的信息和配套资源,会及时发布在网站上(www.emlab.net)。

作者

2014 年 2 月于华东师范大学

目 录

第 1 章 SAM D20 微控制器概述	1
1.1 ARM Cortex-M 系列内核简介	1
1.2 SAM D20 系列微控制器	3
1.2.1 SAM D20 的特点	4
1.2.2 SAM D20 系列产品	5
1.2.3 引脚与功能定义	10
1.3 SAM D20 电气特性	17
1.3.1 芯片供电	17
1.3.2 芯片时钟和功耗	18
1.3.3 芯片端口	20
1.3.4 模拟特性	21
1.3.5 非易失性存储器(NVM)特性	26
1.3.6 振荡器特性	27
1.3.7 触摸控制器的典型特性	32
1.3.8 时序特性	35
1.4 Atmel ARM MCU 和 MPU 产品	36
第 2 章 SAM D20 处理器结构	38
2.1 SAM D20 的内部组成	38
2.1.1 SAM D20 对 Cortex-M0+ 的配置	40
2.1.2 Cortex-M0+ 的内核外设	41
2.1.3 SAM D20 的嵌套向量中断控制器	42
2.2 存储器与 I/O 空间映射	44
2.2.1 空间映射	44
2.2.2 存储器	45

目 录

2.3	SAM D20 最小系统	50
第3章	SAM D20 系统控制	52
3.1	系统控制器	52
3.1.1	SAM D20 系统控制器的工作原理	52
3.1.2	振荡器控制	53
3.1.3	电源监测控制	60
3.1.4	电压调节控制	62
3.1.5	电压参考控制	62
3.1.6	系统控制器的中断控制	63
3.1.7	系统控制器相关 ASF 库函数及使用	64
3.2	通用时钟控制器	70
3.2.1	SAM D20 的时钟系统结构	70
3.2.2	通用时钟控制器功能操作	72
3.2.3	外设访问的时钟同步	76
3.2.4	外设模块的时钟操作	77
3.2.5	通用时钟控制器相关 ASF 库函数及其使用	78
3.3	电源管理器	84
3.3.1	SAM D20 系统电源管理	85
3.3.2	同步时钟控制器	88
3.3.3	复位控制器	91
3.3.4	休眠控制器	92
3.3.5	电源管理器相关 ASF 库函数及其使用	94
3.4	外部中断	97
3.4.1	中断与异常	97
3.4.2	NVIC 系统库函数	98
3.4.3	外部中断控制器	100
3.4.4	EIC 的库函数	102
3.5	事件系统	106
3.5.1	事 件	107
3.5.2	结构与功能	108
3.5.3	事件系统相关 ASF 库函数	111
3.6	NVM 控制器	116
3.6.1	NVM 控制器的结构	117
3.6.2	操作命令	118
3.6.3	NVM 相关 ASF 库函数	120

第 4 章 SAM D20 应用外设	126
4.1 GPIO 端口	126
4.1.1 概 述	126
4.1.2 功能描述	128
4.1.3 GPIO 主要库函数与使用	134
4.2 通用定时/计数器	139
4.2.1 概 述	139
4.2.2 功能描述	140
4.2.3 TC 主要库函数与使用	148
4.3 看门狗定时器与实时时钟 RTC	155
4.3.1 看门狗定时器	155
4.3.2 实时时钟	163
4.4 串行通信接口	174
4.4.1 多功能串行通信接口	174
4.4.2 通用同步异步串行收发器	179
4.4.3 串行外围设备接口	191
4.4.4 内部集成电路总线	206
4.5 模拟外设	223
4.5.1 模拟比较器 AC	223
4.5.2 模/数转换器 ADC	239
4.5.3 数/模转换器 DAC	255
4.6 触摸控制器	262
4.6.1 概 述	262
4.6.2 QTouch 函数库	263
第 5 章 开发工具与应用举例	272
5.1 Atmel Studio 软件开发环境	272
5.1.1 Atmel Studio 6.1 的安装	272
5.1.2 建立一个新工程	273
5.1.3 工程的配置与调试	274
5.2 Atmel 软件框架介绍	279
5.3 SAM D20 Xplained Pro 评估板	279
5.3.1 概 览	279
5.3.2 嵌入式调试器	282
5.3.3 硬件标志系统	283

5.3.4	板载外设	284
5.3.5	扩展接口	285
5.3.6	电 源	289
5.3.7	32 kHz 晶振	290
5.4	Atmel QT1 Xplained Pro 扩展板	290
5.4.1	套件概述	291
5.4.2	硬件用户指南	291
5.4.3	QT1 Xplained Pro 例程	295
5.5	SAM D20 - XPB 扩展板	298
5.6	SAM D20 外设应用实验	302
5.6.1	GPIO 实验	302
5.6.2	TC PWM 实验	307
5.6.3	USART 串口实验	311
5.6.4	ADC、DAC、AC 实验	316
5.6.5	I ² C 与 EEPROM 通信实验	321
5.6.6	I ² C 与温湿度传感器通信实验	325
5.6.7	I ² C 与加速度传感器通信实验	332
5.6.8	彩屏 LCD_TFT SPI 驱动实验	339
5.6.9	TF 卡实验	346
5.6.10	ATSHA204 加密芯片单线通信实验	352
4	第 6 章 SAM D20 项目实例:云气象站	360
6.1	云气象站系统方案设计	360
6.1.1	低功耗数据采集系统	361
6.1.2	云服务平台	361
6.2	系统硬件设计	362
6.2.1	HTS221 温湿度传感器模块	362
6.2.2	EMW3140 低功耗 WiFi 模块	362
6.2.3	SAM D20 所需的模块资源	363
6.2.4	主要模块的硬件原理图	365
6.2.5	硬件模块引脚功能定义	365
6.3	系统软件设计	366
6.3.1	系统程序结构	366
6.3.2	低功耗软件结构设计	367
6.3.3	系统软件流程图	368
6.3.4	项目各模块的接口函数说明	370

6.3.5 项目关键代码	371
6.4 Emlab 云服务平台	375
6.4.1 云服务平台的设计	375
6.4.2 云服务平台的结构及流程	376
6.5 功能测试	378
附录 A ASF 库函数列表	381
附录 B 字母缩写说明	402
参考文献	404

第 1 章

SAM D20 微控制器概述

本章将介绍 Atmel SAM D20 系列 Cortex-M0+内核微控制器的主要特点和系列产品,包括 ARM Cortex-M0+处理器内核、SAM D20 系列微控制器的引脚及功能定义、主要的交流和直流电气特性,以及 Atmel 公司的 ARM Cortex-M 系列 MCU 产品。

1.1 ARM Cortex-M 系列内核简介

微控制器(Microcontroller Unit,简称 MCU)是将微型计算机的主要部分(包括 CPU、存储器、外设和输入/输出接口等)集成在一个芯片上的单片微型计算机,具有体积小、价格低、使用方便和可靠性高等一系列优点,一经问世就显示出强大的生命力。微控制器诞生于 20 世纪 70 年代中期,经过了约 40 年的发展,其成本越来越低,而性能、功能越来越强大,其应用已经遍及各个领域,如电机控制、条码阅读器/扫描器、消费类电子、游戏设备、电话、HVAC、楼宇安全与门禁控制、工业控制与自动化和白色家电(如空调、洗衣机、微波炉)等。

近年来,随着 ARM 处理器的盛行及其良好的开发生态环境,各大半导体厂商纷纷加入 ARM 阵营。ARM 早期的内核产品以 ARM7、ARM9、ARM10 等命名,自 ARM11 内核之后,ARM 公司根据微处理器不同的应用,将 ARM 产品线分为 Cortex-A/R/M 三大系列。A 系列内核集成 DSP 加速功能,主频很高,多用于 OS 系统(如 Linux、Android、iOS 等)的消费电子,如智能手机、平板电脑等;R 系列内核主要用于要求实时、可预测、稳定的场合,多用于医疗、工业和汽车领域;M 系列内核小巧快速,具有最好的性能/功耗比,价格低,多用于工业控制、仪器仪表和物联网等领域。

ARM Cortex-M 系列主要针对成本和功耗敏感的 MCU 和终端应用,如智能测量、人机接口设备、汽车和工业控制系统、家用电器、消费性产品和医疗器械等。目前,Cortex-M 系列主要有 M0、M1、M3、M4 等几种内核。图 1.1.1 所示为 Cortex-M 系列内核产品。

Cortex-M0 主要用于低功耗、低成本的 MCU,Cortex-M3/M4 主要用于性能要求较高的 MCU。Cortex-M 系列所有内核都保持代码的兼容性,其应用程序的移植非常方便。表 1.1.1 列出了 Cortex-M0/M3/M4 系列内核主要功能和特点的比较。

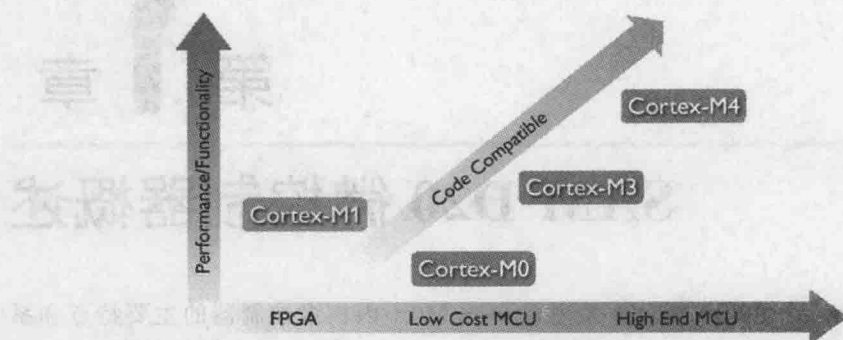


图 1.1.1 Cortex-M 产品线

表 1.1.1 Cortex-M 系列内核比较

内核系统	Cortex-M0	Cortex-M3	Cortex-M4
架构版本	V6M	V7M	V7ME
指令集	Thumb, Thumb-2 系统指令	Thumb + Thumb-2	Thumb + Thumb-2, DSP, SIMD, FP
DMISP/MHz	0.9	1.25	1.25
总线接口	1	3	3
集成 NVIC	是	是	是
中断数	1~32 + NMI	1~240 + NMI	1~240 + NMI
中断优先级	4	8~256	8~256
断点、观察点	4 / 2 / 0.2 / 1 / 0	8 / 4 / 0.2 / 1 / 0	8 / 4 / 0.2 / 1 / 0
存储器保护单元 (MPU)	否	是(可选)	是(可选)
集成跟踪选项(ETM)	否	是(可选)	是(可选)
故障健壮接口	否	是(可选)	是(可选)
单周期乘法	是(可选)	是	是
硬件除法	否	是	是
WIC 支持	是	是	是
借助位段(Bit Banding)	否	是	是
单周期 DSP/SIMD	否	否	是
硬件浮点	否	否	是
总线协议	AHB Lite	AHB Lite, APB	AHB Lite, APB
CMSIS 支持	是	是	是
应用	传统 8/16 位应用	16/32 位应用	32 位/DSC 应用
特性	低成本和简单	高性能效率	高效的数字信号控制

ARM Cortex-M0 处理器用了不到 12K 门, 能耗仅有 $85 \mu\text{W}/\text{MHz}$ (0.085 mW)。该处理器把 ARM 内核扩展到超低功耗的 MCU 和 SoC 应用中。

2012 年 3 月, ARM 公司发布了一款拥有全球最低功耗效率的微处理器——ARM Cortex-M0+ 处理器, 它支持 ARMv6M 指令集。该款在 Cortex-M0 基础上经过优化的 Cortex-M0+ 处理器, 可针对许多嵌入式应用, 提供超低功耗、低成本的微控制器(MCU)。ARM Cortex-M0+ 处理器是能效极高的 ARM 处理器, 它以极为成功的 Cortex-M0 处理器为基础, 保留了全部指令集和控制的兼容性, 同时进一步降低了能耗, 提高了性能。

Cortex-M0+ 处理器, 是市场上现有的最小芯片尺寸(硅片面积)、最节能的 ARM 处理器。该处理器能耗非常低、门数量少、代码效率高(占用空间小), 使得 MCU 开发人员能够以 8 位处理器的成本, 获得 32 位处理器的性能。超低门数还使其能够用于模拟信号和数字混合信号设备及 MCU 应用中, 可以明显节约系统成本。现在已有多家半导体公司获得 Cortex-M0 处理器授权, 如 STMicroelectronics STM32F0 系列、NXP LPC1xxx 系列等。Atmel SAM D20 微控制器则采用了更高效的 Cortex-M0+ 处理器。

Cortex-M0+ 处理器不仅延续了易用性和 C 语言编程模型的优势, 而且能够用二进制代码兼容已有的 Cortex-M0 处理器工具和实时操作系统(RTOS)。而其软件兼容性使其能够方便地被移植到更高性能的 Cortex-M3 或 Cortex-M4 处理器中。

1.2 SAM D20 系列微控制器

SAM D20 系列微控制器是美国爱特梅尔公司(Atmel Corporation)最新发布的超低功耗 32 位 ARM MCU。这是基于 ARM Cortex-M0+ 处理器内核的 Flash 微控制器中的首个产品系列, 采用双流水线技术和单周期 I/O 访问, 拥有事件系统和快速稳定的中断控制器(NVIC), 主频最高可达 48 MHz, 最多 256 KB 的 Flash 和 32KB 的 SRAM。芯片包含很多灵活的外设, 并支持电容式触摸按键、滑块和滚轮。

SAM D20 具有系统内可编程 Flash、8 通道事件系统、可编程中断控制器、多达 52 个可编程 I/O 引脚、32 位实时时钟和日历及多达 8 个 16 位定时器/计数器(TC)。每个 TC 可被配置用来实现频率和波形生成, 产生准确的程序执行时序, 或用于捕捉输入信号的跳变时间并测量数字信号的频率。TC 可以工作在 8 位或 16 位模式, 并且可以通过连接两个 TC 形成一个 32 位的 TC。该系列提供多达 6 个串行通信模块(串口), 每一个都可以被配置为 USART、SPI 或 I²C, I²C 时钟可达 400 kHz。SAM D20 有多达 20 通道的 12 位 350 ksps ADC, 具有可编程增益和可选的过采样抽取功能, 最高可支持 16 位分辨率。D20 还有一个 10 位 350 ksps 的 DAC、两个模拟比较器及触摸控制器, 可支持多达 256 个按钮、滑块或滚轮; 此外, 还有可编程看门狗定时器、掉电检测和上电复位、两线串行线调试(SWD)编程和调试接口等。

第1章 SAM D20 微控制器概述

SAM D20 系列产品主要针对低功耗、高性能的物联网应用,可以实现对功耗有苛刻要求的 ZigBee 和 WiFi 等网络协议栈。目前,市场上的一些 32 位微控制器,尽管有优越的性能,但往往需要消耗更多的电流。32 位 Cortex-M0+ 内核可以避免这一矛盾,很好地适应低端控制要求。其低功耗、高性能的特性使其成为家庭自动化、消费、智能计量和工业应用的理想选择。

1.2.1 SAM D20 的特点

SAM D20 系列微控制器的主要性能参数如下:

- ARM Cortex-M0+ 32 位内核,最高工作频率可达 48 MHz;
- 上电复位(POR)、欠压检测器(BOD);
- 最多可达 256 KB 的 Flash;
- 最多可达 32 KB 的 SRAM;
- 宽的工作电压范围为 1.62~3.63 V;
- 时钟控制器;
- 32 位实时时钟定时器(RTC),带有时钟和日历功能;
- 看门狗定时器;
- 8 个 16 位定时器/计数器;
- 支持事件系统的智能外设;
- 8 个可配置的事件通道;
- 32 位的 CRC 发生器;
- 6 个串行通信模块(SERCOM),支持 USART、UART、SPI 和 I²C;
- 外设触摸控制器(PTC);
- 多达 20 通道 12 位 350 ksp/s ADC 及增益、过采样控制;
- 10 位 350 ksp/s DAC;
- 两个模拟比较器;
- 32、48 和 64 引脚封装选择。

SAM D20 的所有外设,都可使用准确和低功耗的外部或内部振荡器。SAM D20 系列 MCU 有 6 种内部或外部振荡器(见 1.3.6 小节),根据不同应用需求,组合了不同的外设和时钟,封装成不同型号。所有的振荡器都可以作为系统时钟源,可以独立配置不同的时钟源工作在不同的频率下,使每个外设在其最佳的时钟频率下运行,以达到节电的效果,从而保持较高的 CPU 频率,同时可以降低系统功耗。

SAM D20 有两个软件可选的休眠模式,即空闲(IDLE)和待机(STANDBY)。在空闲模式下,CPU 停止工作,而其他所有的功能都可以保持运行;在待机模式下,除了那些选择继续运行的外设,所有的时钟和功能都停止运行。D20 还支持 Sleep-Walking(梦游模式)。该模式有能力唤醒自身和时钟,因此可以在 CPU 休眠的情况下,执行预定义的任务。CPU 只是在需要时,如结果超过阈值或结果准备就绪时被

第1章 SAM D20 微控制器概述

唤醒。事件系统支持同步和异步事件,即使在待机模式下也允许外设接收、反馈和发送事件。

通过 2 线串行 SWD 调试接口,Flash 存储器可在系统内编程。相同的接口,可用于应用程序代码的非侵入片上调试。引导装载程序运行时,可以使用任何通信接口下载和升级 Flash 中的应用程序。

Atmel SAM D20 有全套完整的程序和系统开发工具,包括 C 编译器、宏汇编、程序调试器/模拟器、编程器和评估套件,详见第 5 章的介绍。

在 SAM D20 系列中,所有型号的微控制器均包含多个串行通信接口(SERCOM)。该 SERCOM 是一个非常灵活的串行通信接口,可配置成 I²C、SPI 或 USART。开发者可以灵活选择串行接口,并方便 PCB 设计布局。此外,每个 SERCOM 模块可以分配到不同的 I/O 引脚,通过 I/O 复用,进一步增加了灵活性。

该系列芯片包括多个 16 位定时器/计数器(Timer/Counter, TC)。每个 TC 可以单独编程以产生需要的频率和波形,实现准确的程序执行时间、输入捕获、输出比较、时间和频率测量等。TC 可以配置为 8 位和 16 位模式操作,两个 16 位 TC 还可以级联成一个 32 位的 TC。

SAM D20 系列芯片包含多个时钟振荡器:0.4~32 MHz 外部晶体振荡器(XOSC)、32.768 kHz 外部晶体振荡器(XOSC32K)、32.768 kHz 高精度内部振荡器(OSC32K)、32.768 kHz 超低功耗内部振荡器(OSCULP32K)、8 MHz 内部振荡器(OSC8M),以及一个可配置高达 48 MHz 的数字锁频环(DFLL48M)。这些振荡器都可用于系统的时钟源,以适应不同的应用需求。芯片内部不同的时钟域可以独立配置,运行在不同的速度,使得用户能够根据实际应用需求,选择最合适的时钟频率,从而在保持较高的运行速度和吞吐量的同时,降低系统的整体功耗。

为了帮助工程师缩短开发时间,Atmel 公司在自有的开发工具 Atmel Studio 中,集成了大量代码和例程,又叫做 Atmel Software Framework(ASF)。这些资源中有免费的协议栈,傻瓜化的初始化代码等,是工程师做开发不可或缺的好帮手。

1.2.2 SAM D20 系列产品

Atmel 公司的单片机种类繁多,在介绍应用选型之前,首先要了解 SAM D20 系列单片机的命名规则,如图 1.2.1 所示。

以 SAM D20J18A-MUT 为例,SAMD:表示产品线;20:表示内核为 Cortex-M0+;J:表示引脚总数为 64 个;18:表示 Flash 存储空间为 256 KB;A:表示默认变型(版本);M:表示封装类型为 QFN;U:表示工作温度为 -40~85 °C Matte Sn 电镀;T:表示封装载体为编带和卷轴。

SAM D20 分为 J/G/E 系列,三者区别不是很大,仅是引脚数和内部资源的不同,如表 1.2.1 所列。

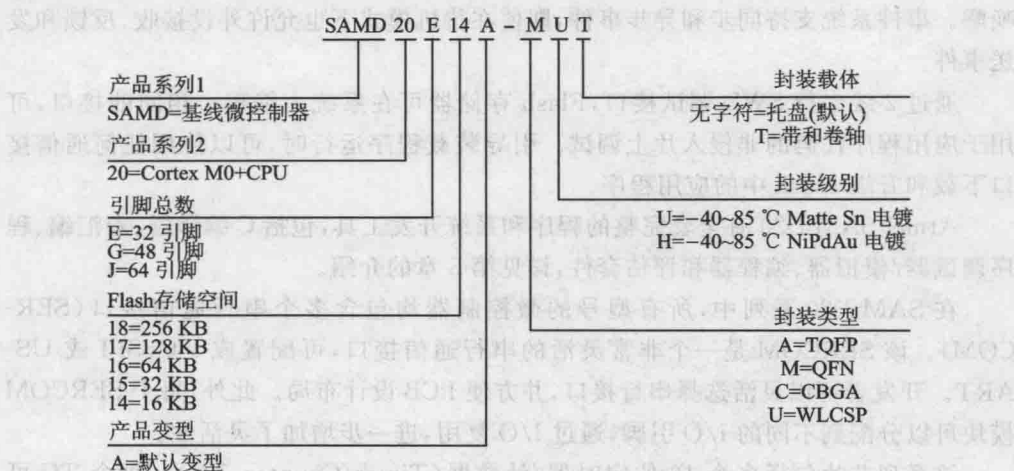


图 1.2.1 SAM D20 系列的命名规则

表 1.2.1 SAM D20 J/G/E 系列异同点

系 列	不同点				相同点
	Flash/KB	SRAM/KB	ADC	SERCOM	
J 系列	256/128/ 64/32/16	32/16/ 8/4/2	20 通道 12 位 ADC	6	64 引脚 TQFP,QFN
G 系列	256/128/ 64/32/16	32/16/ 8/4/2	14 通道 12 位 ADC	6	48 引脚 TQFP,QFN
E 系列	256/128/ 64/32/16	32/16/ 8/4/2	10 通道 12 位 ADC	4	32 引脚 TQFP,QFN

应用系统总体设计时,要考虑 SAM D20 系列单片机的选型问题。选择 SAM D20 系列单片机型号应该遵循以下原则:

- 选择最容易实现设计目标且性能/价格比高的型号。
- 在研制任务重、时间紧的情况下,优先选择自己熟悉的机型。
- 欲选的机型在市场上要有稳定充足的货源。

SAM D20 E/G/J 系列依次资源更丰富,性能更强。表 1.2.1 简单列举了 SAM D20E/G/J 三个系列的异同点,下面对其资源做详细介绍。

1. SAM D20Exx 系列

SAM D20Exx 系列单片机的规格,如表 1.2.2 所列。

- 采用 ARM Cortex-M0+ 内核;

- 系统运行速度可达 48MHz 时钟频率；
- 片内集成最高达 128 KB 的 Flash 存储器；
- 片内集成最高达 16 KB 的 RAM 存储器；
- 低功耗,消耗电流 < 150 μ A/MHz；
- 4 个串行通信模块(SERCOM)；
- 10 路 12 位的 ADC 通道,1 路 10 位的 DAC 通道；
- 支持硬件触摸模块；
- 32 引脚,可选封装类型为 TQFP 或 QFN。

表 1.2.2 SAM D20Exx 系列单片机规格

型 号	Flash/KB	SRAM/KB	封 装	载体类型
SAM D20E14A - AU	16	2	TQFP32	托盘
SAM D20E14A - AUT				带和卷轴
SAM D20E14A - MU			QFN32	托盘
SAM D20E14A - MUT				带和卷轴
SAM D20E15A - AU	32	4	TQFP32	托盘
SAM D20E15A - AUT				带和卷轴
SAM D20E15A - MU			QFN32	托盘
SAM D20E15A - MUT				带和卷轴
SAM D20E16A - AU	64	8	TQFP32	托盘
SAM D20E16A - AUT				带和卷轴
SAM D20E16A - MU			QFN32	托盘
SAM D20E16A - MUT				带和卷轴
SAM D20E17A - AU	128	16	TQFP32	托盘
SAM D20E17A - AUT				带和卷轴
SAM D20E17A - MU			QFN32	托盘
SAM D20E17A - MUT				带和卷轴
SAM D20E18A - AU	256	32	TQFP32	托盘
SAM D20E18A - AUT				带和卷轴
SAM D20E18A - MU			QFN32	托盘
SAMD 20E18A - MUT				带和卷轴

2. SAM D20Gxx 系列

SAM D20Gxx 系列单片机的规格参数,如表 1.2.3 所列。

- 采用 ARM Cortex-M0+ 内核；
- 系统运行速度可达 48 MHz 时钟频率；