

STM8单片机 原理与实践

刘海成 叶树江 郭强 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

STM8 单片机原理与实践

刘海成 叶树江 郭 强 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书以 STM8 单片机为讲述对象,以应用型教育为出发点,在讲述 STM8 单片机内部资源及工作原理的同时,大篇幅阐述了 STM8 系列单片机的开发步骤及应用技巧;还详实地讲述了单片机人机接口技术等内容。讲述的芯片新,实例典型。

本书可作为高等院校电子、电气、通信及自动化等专业的单片机及应用类课程教材,同时也可以作为工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

STM8 单片机原理与实践 / 刘海成, 叶树江, 郭强编
著. — 北京: 北京航空航天大学出版社, 2013. 4
ISBN 978 - 7 - 5124 - 1120 - 3

I. ①S… II. ①刘… ②叶… ③郭… III. ①单片微型计算机—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 076357 号

版权所有,侵权必究。

STM8 单片机原理与实践

刘海成 叶树江 郭强 编著
责任编辑 王静竞

*

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)82316936

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:17 字数:362 千字

2013 年 4 月第 1 版 2013 年 4 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978 - 7 - 5124 - 1120 - 3 定价:39.00 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

2009年,意法半导体推出了基于先进的8位STM8系列单片机。STM8系列与STM32外设和引脚一脉相承,为嵌入式应用提供从低端到高端全套解决方案。STM8平台支持三个主要产品系列,分别是:STM8L、STM8S和STM8A系列。其中STM8L系列面向超低功耗的系统,例如便携设备、各种医疗设备、工业设备、电子计量设备、感应或安保设备等对电池使用周期要求较高的场合;STM8S系列主要应用于工业生产和消费电子;STM8A系列专门用于满足汽车应用的特殊需求。

STM8采用一个带有16位索引寄存器和堆栈指针的哈佛结构,支持一个16MB的线性地址空间、具有先进的寻址模式等其他特性。这些特性的设计使得C语言程序在执行速度和代码密度方面得到优化。内核处理速度达到平均每条指令1.6个时钟周期,在24MHz时最高性能为20MIPS(百万条指令每秒),采用3级流水线技术。

本书在讲述STM8单片机内部资源及工作原理的同时,以较大篇幅叙述了STM8系列单片机的开发步骤及应用技巧。本书以实际工程应用为背景,给出大量的典型应用实例,通过C语言给出例程。

全书由刘海成、叶树江和郭强共同编写。张阁琛、李世洋和张云浩等同学为本书的出版也做了很多的工作,一并表示感谢。全书由秦进平教授主审,秦教授提出了很多宝贵意见,在此表示由衷的感谢。书中参考和应用了许多学者和专家的著作和研究成果,在此也向他们表示诚挚的敬意和感谢。

本书虽然力求完美,但是水平有限,错误之处在所难免,敬请读者不吝指正和赐教,不胜感激!

作 者
2013年1月

目 录

第 1 章 STM8 单片机简介	1
1.1 STM8 系列单片机的特点	1
1.2 STM8 系列单片机的基本结构	2
1.3 STM8 系列单片机的分类	3
1.3.1 STM8S 单片机系列产品	3
1.3.2 STM8L 超低功耗 8 位单片机	4
1.3.3 STM8A 针对汽车的 8 位单片机	6
1.4 STM8 系列单片机的时钟控制	6
1.4.1 外设时钟门控	7
1.4.2 时钟安全系统(CSS)	8
1.4.3 时钟输出功能(CCO)	9
1.4.4 时钟中断	9
1.4.5 时钟控制寄存器	9
第 2 章 STM8 的 GPIO 及 STM8 单片机开发工具和流程	18
2.1 通用输入/输出(GPIO)功能概述	18
2.2 GPIO 功能寄存器	21
2.3 GPIO 与 LED 显示技术	23
2.3.1 LED 显示器的结构与原理	23
2.3.2 LED 数码管显示器的译码方式	24
2.3.3 LED 数码管的显示方式	25
2.3.4 LED 点阵屏技术	27
2.4 GPIO 与键盘技术	30
2.4.1 键盘的工作原理	30
2.4.2 独立式键盘与单片机的接口	35

2.4.3	矩阵式键盘与单片机的接口	37
2.5	ST Toolset 开发环境	40
2.5.1	安装 ST Toolset	41
2.5.2	创建一个汇编语言的应用工程	42
2.5.3	调 试	48
2.6	COSMIC C 语言编程	49
2.6.1	安装 COSMIC C 编译器	49
2.6.2	COSMIC C 语言编译器在 ST Toolset 中的配置	52
2.6.3	创建一个 COSMIC C 语言应用工程	52
2.6.4	如何生成 hex 文件	55
2.7	IAR Embedded Workbench 开发环境	56
2.7.1	IAR 的安装与配置	56
2.7.2	IAR IDE 介绍	58
2.7.3	基于 IAR 的 STM8 开发过程	60
2.8	仿真调试工具	66
2.8.1	ST-LINK	66
2.8.2	STX-RLINK	66
2.9	STM8 EMC 设计注意事项	67
第 3 章	STM8 中断控制器	69
3.1	中断控制器(ITC)能概述	69
3.1.1	中断的功能	69
3.1.2	STM8S 单片机中断源和中断向量	70
3.1.3	STM8S 单片机中断响应过程	71
3.1.4	STM8S 单片机中断优先级	72
3.2	相关功能寄存器	73
3.3	STM8 外中断应用举例	77
第 4 章	STM8 定时器	79
4.1	TIM4——8 位基本定时器	80
4.1.1	TIM4——8 位基本定时器功能概述	80
4.1.2	相关功能寄存器	80
4.1.3	应用举例	83
4.2	TIM2、TIM3——16 位通用定时器	86
4.2.1	TIM2、TIM3——16 位通用定时器功能概述	86
4.2.2	相关功能寄存器	87

4.2.3	应用举例	100
4.3	TIM1——16 位高级控制定时器	101
4.3.1	TIM1——16 位高级控制定时器功能概述	101
4.3.2	相关功能寄存器	102
4.3.3	应用举例	126
第 5 章	STM8 的 SPI 和 I²C 串行外设接口	129
5.1	STM8 的 SPI 串行外设接口	129
5.1.1	STM8 的 SPI 功能概述	129
5.1.2	相关功能寄存器	136
5.1.3	STM8 的 SPI 驱动串入并出 74HC595 应用举例	140
5.2	STM8 的 I ² C 接口	144
5.2.1	I ² C 简介	144
5.2.2	相关功能寄存器	146
5.2.3	STM8 的 I ² C 读写 AT24xx 系列 E ² PROM 应用举例	156
第 6 章	STM8 通用异步收发器(UART)	160
6.1	通用异步收发器(UART)	160
6.1.1	UART 功能概述	162
6.1.2	UART 相关功能寄存器	165
6.1.3	收发函数例程	174
6.2	UART 与 RS-232 接口	177
6.3	RS-485 分布式测控系统应用	180
6.3.1	RS-485 总线	180
6.3.2	RS-485 总线通信系统的可靠性分析及措施	184
第 7 章	模拟/数字转换器(ADC)	188
7.1	内部模拟/数字转换器(ADC)	188
7.1.1	内部模拟/数字转换器(ADC)功能概述	189
7.1.2	ADC 相关功能寄存器	192
7.1.3	应用举例	200
7.2	模拟/数字转换器(ADC)—TLC2543	203
7.2.1	模拟/数字转换器(ADC)—TLC2543 简介	203
7.1.2	应用实例	208
第 8 章	STM8 单片机其他功能应用	210
8.1	独立看门狗(IWDG)	210

目 录

8.1.1	独立看门狗(IWDG)功能概述	210
8.1.2	IWDG 相关功能寄存器	211
8.1.3	应用举例	212
8.2	窗口看门狗(WWDG)	215
8.2.1	窗口看门狗(WWDG)功能概述	215
8.2.2	WWDG 相关功能寄存器	218
8.2.3	应用举例	219
8.3	E ² PROM	222
8.3.1	STM8S E ² PROM	222
8.3.2	相关功能寄存器	223
8.3.3	应用举例	224
8.4	STM8 系列单片机的电源管理	226
8.5	自动唤醒(AWU)	228
8.5.1	自动唤醒(AWU)功能概述	228
8.5.2	AWU 相关功能寄存器	231
8.5.3	应用举例	232
8.6	蜂鸣器(BEEP)	234
8.6.1	蜂鸣器(BEEP)功能概述	234
8.6.2	BEEP 相关功能寄存器	235
8.6.3	应用举例	236
8.7	1602 字符液晶及其接口技术	238
8.7.1	1602 总线方式驱动接口及读写时序	239
8.7.2	操作 1602 的 11 条指令详解	240
8.7.3	1602 液晶驱动程序设计	243
8.8	单总线技术与基于 DS18B20 的温度检测系统设计	250
8.8.1	DS18B20 概貌	250
8.8.2	DS18B20 的内部构成及测温原理	251
8.8.3	DS18B20 的访问协议	253
8.8.4	DS18B20 的自动识别技术	255
8.8.5	DS18B20 的单总线读写时序	256
8.8.6	DS18B20 使用中的注意事项	258
8.8.7	单片 DS18B20 测温应用程序设计	258
	参考文献	264

第 1 章

STM8 单片机简介

2009 年,意法半导体推出了基于先进的 8 位 STM8 系列单片机。根据应用场合不同,STM8 平台主要支持 STM8L、STM8S 和 STM8A 3 个系列。其中 STM8L 系列面向超低功耗的系统,例如便携设备、各种医疗设备、工业设备、电子计量设备、感应或安保设备等对电池使用周期要求较高的场合;STM8S 系列主要应用于工业生产和消费电子;STM8A 系列专门用于满足汽车应用的特殊需求。本章将介绍 STM8 系列单片机的一些特点和基本结构。

1.1 STM8 系列单片机的特点

STM8 系列单片机采用哈佛架构,是针对特殊应用领域包括汽车、工业、低压和电池供电应用设备,以及特殊应用标准而设计的。STM8 平台具有更高的性能、更佳的安全性、更短的设计周期和较低的系统总成本。8 位单片机市场的一个重要特点就是如何降低解决方案的成本。STM8 平台即是专为较低的系统总成本提供更高的性能而设计。因此 STM8 平台在软硬件开销、速度、性能和成本诸多方面取得了优化平衡,是性价比高的单片机。下面详细介绍 STM8 平台的各个优势:

① STM8 采用一个带有 16 位索引寄存器和堆栈指针的哈佛结构,支持一个 16 MB 的线性地址空间、具有先进的寻址模式等其他特性,这些特性的设计使得 C 语言程序在执行速度和代码密度方面得到优化。内核处理速度达到平均每条指令 1.6 个时钟周期,在 24 MHz 时最高性能为 20 MIPS(百万条指令每秒),采用 3 级流水线技术。

② STM8 单片机内嵌高质量高容量的 Flash 程序存储器,最大容量高达 128 KB,支持 ISP 和 IAP 擦写,便于产品的调试、开发、生产和更新。STM8 平台提供真正的嵌入式 E²PROM 存储器,耐擦写和数据保存能力可与外部存储器媲美,因此不再需要基于闪存的复杂的仿真方法。片内大容量的 SRAM 不仅能满足一般场合的使用,同时也能有效地支持使用高级语言开发系统程序,可以更好地通过外部总线扩展外部 RAM。

第 1 章 STM8 单片机简介

③ STM8 单片机的 I/O 线可以单独配置为浮动输入、带上拉输入、推挽式输出和开漏输出,还可以设置输出摆率控制用以减少 EMC 噪声。输入/输出引脚能够承受强烈的外部干扰,无需外部保护元器件即可实现坚固的抗干扰能力。

④ STM8 单片机片内具备灵活的时钟控制,4 个主时钟源,带有时钟监控的时钟保障系统(CSS)。多种独立的时钟分频器,分别供 Timer、UART、SPI、I²C、ADC、AWU、CAN 以及看门狗等外设使用。其中定时器 TIM1 具有多达 16 位的预分频器,可通过软件设定分频系统提供各种需要的定时时间,支持 6 路 PWM 输出,支持边缘和中间对齐模式,支持互补输出和死区时间的控制。

⑤ 增强型的全双工高速同步/异步串口,具有硬件产生校验码、硬件检测和校验,支持 LIN 模式、IrDA SIR 的编码和解码以及 SmartCard 模拟功能。

⑥ STM8 单片机有自动上电复位电路、掉电复位电路、独立的看门狗电路、窗口看门狗电路和多个复位源(NRST 引脚产生的外部复位、上电复位、掉电复位、看门狗复位、软件复位、SWIM 复位、非法操作码复位和 EMS 复位)。可设置的启动延时运行程序,增强了嵌入式系统的可靠性。

⑦ STM8 单片机还具有多种低功耗模式(等待、活跃停机和停机),外设的时钟可单独关闭,并可在 1.65~5.5 V 的宽电压范围内运行。

⑧ STM8 单片机具有单线接口模块 SWIM 和调试模块 DM,可以方便地进行在线编程和非侵入式调试。

可以看出,相对于现在众多的 8 位单片机,STM8 单片机性价比较高,可广泛应用于工业、农业和消费电子等各个领域。

1.2 STM8 系列单片机的基本结构

STM8 系列单片机的基本结构如图 1.1 所示,其主要包括 STM8 核、ITC、内存控制器、调试接口 SWIM、外设、RAM、指令存储器和数据存储器、DMA 等模块。其中 DMA 在 STM8S 上是没的。

其中 STM8 的 8 位内核有 1 个 32 位存储器接口和 3 段流水线架构,在 24 MHz 频率下,最高处理效能高达 20 MIPS。ITC 是中断控制模块,所有 I/O 引脚都具有外部中断能力,每一个端口都有独立的中断向量以及独立的标志,多达 4 个软件可编程的嵌套等级。

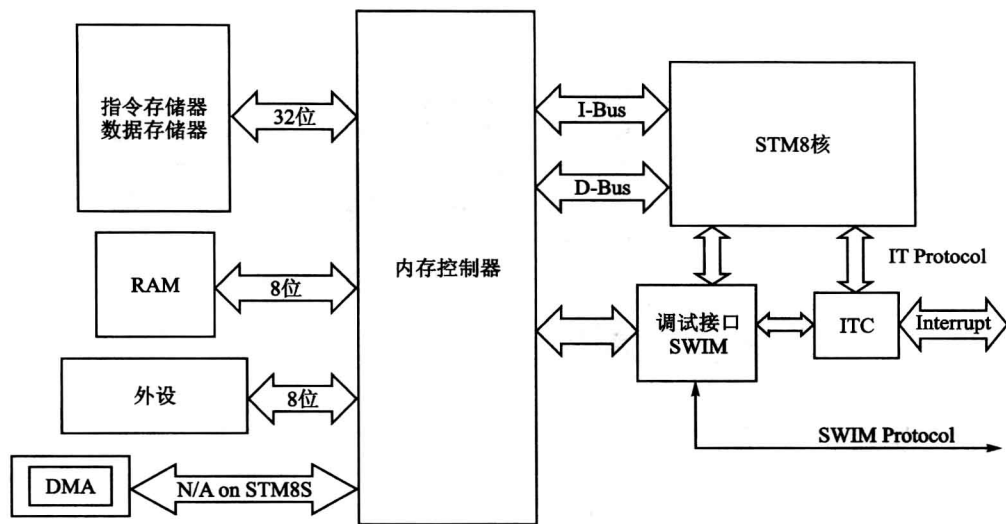


图 1.1 STM8 系列单片机的基本结构

1.3 STM8 系列单片机的分类

1.3.1 STM8S 单片机系列产品

STM8S 平台打造 8 位单片机的全新世代，高达 20 MIPS 的 CPU 性能和 2.95~5.5 V 的电压范围，有助于现有的 8 位系统向电压更低的电源过渡。新产品嵌入的 130 nm 非易失性存储器是当前 8 位单片机中最先进的存储技术之一，并提供真正的 E²PROM 数据写入操作，可达 30 万次擦写极限。在家用电器、加热通风空调系统、工业自动化、电动工具、个人护理设备和电源控制管理系统等各种产品设备中，新产品配备的丰富外设可支持精确控制和监视功能。功能包括 10 位模/数转换器，最多有 16 条通道，转换用时小于 3 μs；先进的 16 位控制定时器可用于电机控制、捕获/比较和 PWM 功能。其他外设包括一个 CAN 2.0B 接口、两个 U(S)ART 接口、一个 I²C 端口、一个 SPI 端口。STM8S 单片机产品系列如图 1.2 所示。

STM8S 平台的外设定义与 STM32 系列 32 位单片机相同。外设共用性有助于提高不同产品间的兼容性，让设计灵活有弹性。应用代码可移植到 STM32 平台上，获得更高的性能。除设计灵活外，STM8S 的组件和封装在引脚上完全兼容，让开发人员得到更大的自由空间，以便优化引脚数量和外设性能。引脚兼容还有益于平台化设计决策，产品平台化可节省上市时间，简化产品升级过程。

STM8S 单片机的主要特点如下：

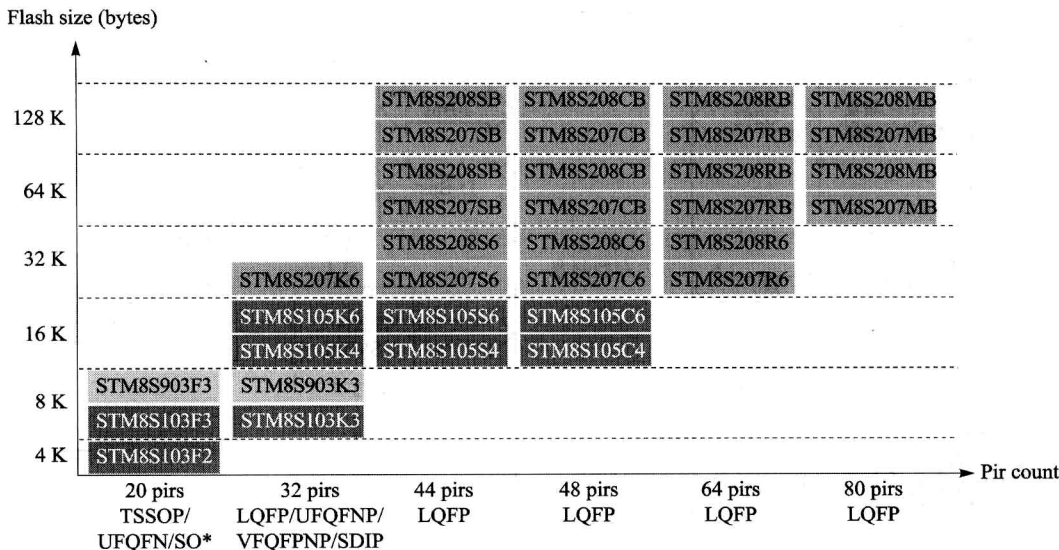


图 1.2 STM8S 单片机产品系列

- 3 段流水线哈佛架构,速度达 20 MIPS 的高性能内核;
- 抗干扰能力强,品质安全可靠;
- 领先的 130 nm 制造工艺,优异的性价比;
- 程序空间从 4~128 KB,芯片选择从 20~80 引脚,宽范围产品系列;
- 系统成本低,内嵌 E²PROM 和高精度 RC 振荡器;
- 开发容易,拥有本地化工具支持。

STM8S 单片机的主要应用如下:

- 汽车电子:传感器、制动器、安全系统单片机、DC 电机、车身控制、汽车收音机、LIN 节点、加热/通风空调;
- 工业应用:家电、家庭自动化、电机控制、空调、感应、计量仪表、不间断电源、安全保障;
- 消费电子:电源、小家电、音响、玩具、销售点终端机、前面板、电视、监视设备;
- 医疗设备:个人护理产品、健身器材、便携护理设备、医院护理设备、血压测量、血糖测量、监控、紧急求助。

1.3.2 STM8L 超低功耗 8 位单片机

以节省运行和待机功耗为特色,STM8L 系列下设 3 个产品线,共计 26 款产品,涵盖多种高性能和多功能应用。这 3 条 STM8L 产品线都基于意法半导体的超低功耗技术平台,这个平台采用意法半导体独有的超低泄漏电流优化的 130 nm 制程。独一无二的技术优势包括在 1.65~3.6 V 的整个电源电压范围内达到 CPU 最大工

作频率,发挥 CPU 的全部性能。此外,由于采用一个片上稳压器,功耗与 V_{dd} 电压无关,所以具有更高的设计灵活性,并有助于简化产品设计。其他创新特性包括低功耗嵌入式非易失性存储器和多个电源管理模式,包括 5.4 μA 低功耗运行模式、3.3 μA 低功耗待机模式、1 μA 主动停止模式(实时时钟运行)和 350 nA 停止模式。STM8L 可以在 4 μs 内从停止模式唤醒,支持频繁使用最低功耗模式。低功耗外设,包括小于 1 μA 的实时时钟和自动唤醒模块(AWU),有助于进一步节省电能。总之,这个平台可将动态电流消耗降到 150 $\mu\text{A}/\text{MHz}$ 。STM8L 单片机系列如图 1.3 所示。

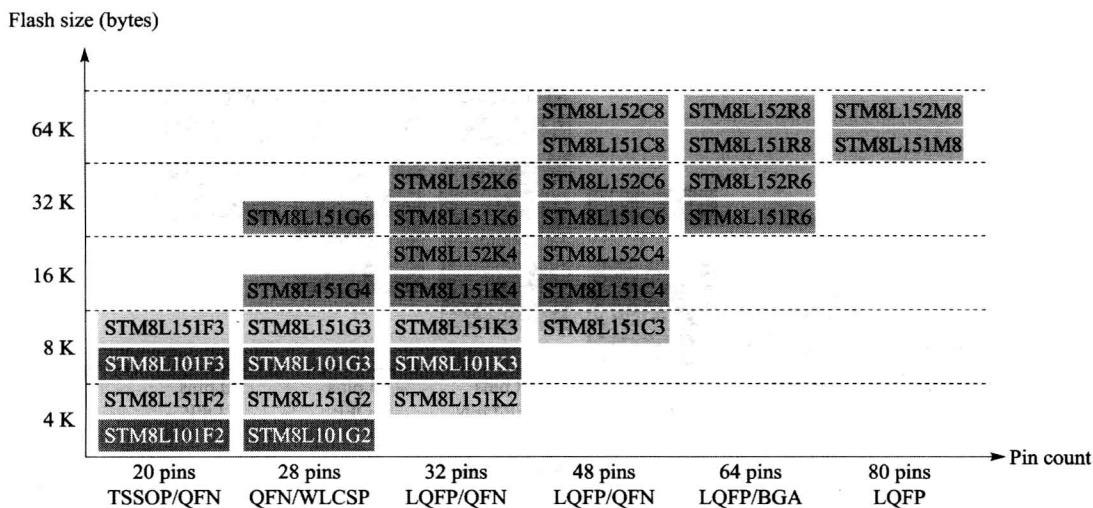


图 1.3 STM8L 单片机产品系列

STM8L 单片机主要特点如下:

- STM8L 内部 16 MHz;
- 内置 4~32 KB 闪存, 多达 2 KB SRAM;
- 三个系列: 跨系列的引脚对引脚兼容、软件相互兼容、外设相互兼容;
- 电源电压: 1.8~3.6 V (断电时, 降至 1.65 V);
- 超低功耗模式: 保持 SRAM 数据时, 最低功耗 350 nA;
- 运行模式动态功耗低至 150 $\mu\text{A}/\text{MHz}$;
- 最先进的数字和模拟外设接口;
- 工作温度范围: $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +85\text{ }^{\circ}\text{C}$, 可高达 125 $^{\circ}\text{C}$;
- 免费的触感固件库。

STM8L 单片机主要应用于便携医疗设备、玩具和游戏、公路收费、电池供电设备、个人保健产品和保安传感器等领域。

1.3.3 STM8A 针对汽车的 8 位单片机

意法半导体公司推出的 STM8A 是一款专门用于满足汽车应用特殊需求的 8 位 Flash 单片机。这些模块化产品具有可存储真数据(true data)的 E²PROM, 相互软件和引脚兼容, 适用的程序存储器存储范围为 8~256 KB, 具备 20~80 引脚的封装。所有器件的工作电压均为 3~5 V, 并且其工作温度扩展到了 145 ℃。STM8A 单片机产品系列如图 1.4 所示。

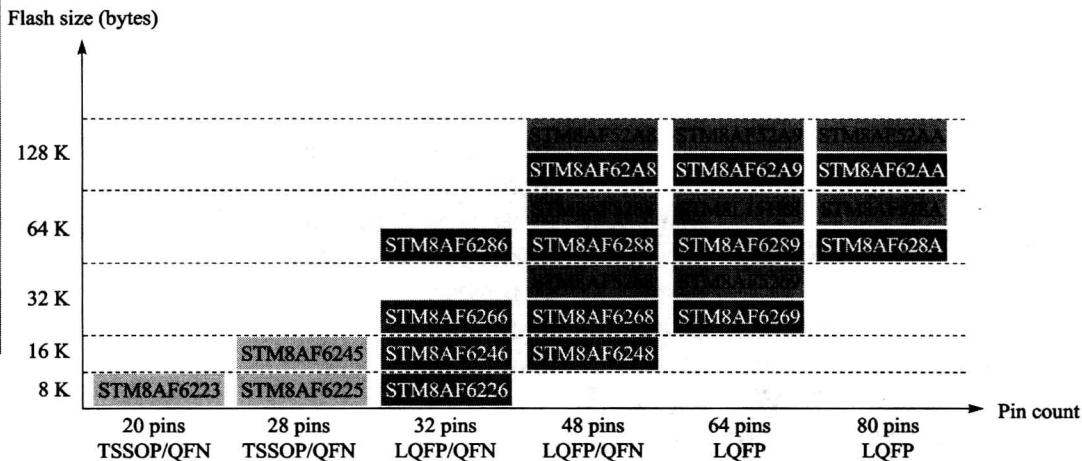


图 1.4 STM8A 单片机系列

STM8A 单片机的主要特点如下：

- 集成式真数据 E²PROM；
- 16 MHz 和 128 kHz RC 振荡器；
- 高效的 STM8 内核：在 16 MHz 的频率下可以实现 10 MIPS 的性能；
- 应用安全性高：独立的看门狗定时器、时钟安全系统；
- 所有产品均具有 LIN 2.0 总线和自同步功能；
- 电源电压：3.3 V 和 5 V；
- 最高工作温度：145 ℃。

STM8A 主要应用于激励器、车体控制器、传感器、DC 电机控制、安全单片机、LIN 节点、汽车无线电和 HVAC 等。

1.4 STM8 系列单片机的时钟控制

STM8 系列单片机具备灵活的时钟控制，如图 1.5 中所示，有 4 种时钟源可用做主时钟，各个时钟源可单独打开或关闭，从而优化功耗。4 种时钟源分别为：

- 1~24 MHz 高速外部晶体振荡器(HSE)；

- 最大 24 MHz 高速外部时钟信号(HSE user-ext);
- 16 MHz 高速内部 RC 振荡器(HSI);
- 128 kHz 低速内部 RC(LSI)。

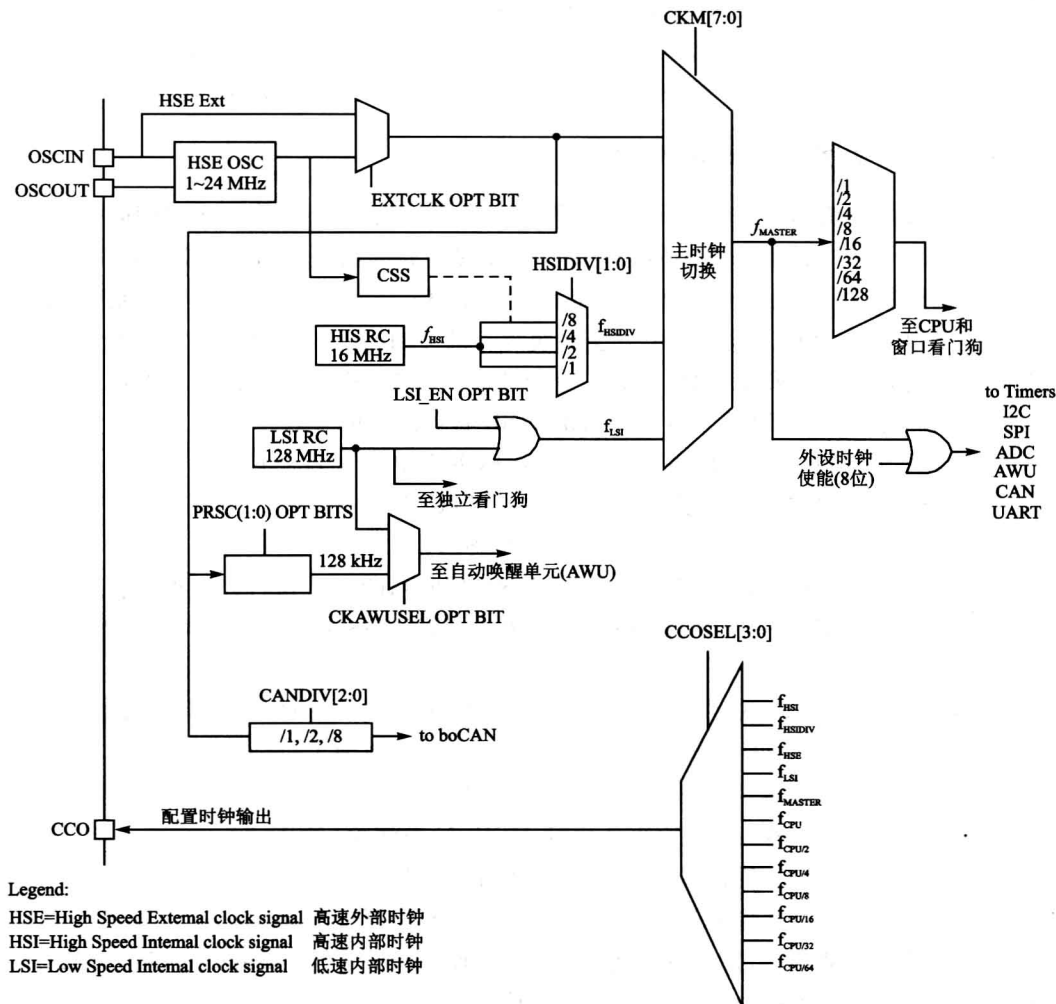


图 1.5 STM8 单片机时间树

1.4.1 外设时钟门控

关闭未使用外设的时钟可降低 STM8 的功耗。外设的时钟门控(PCG)模式使用户可在运行模式下随时打开或关闭主时钟 f_{MASTER} 与外设 ADC、I²C、SPI、AWU (寄存器时钟,而非计数器时钟)、TIM[4:1]、UART 和 CAN (寄存器时钟,而非 CAN 时钟)的连接。

STM8 系统复位后,所有外设时钟均处于开的状态。用户可通过清除 CLK_PCKENR1 或 CLK_PCKENR2 中的 PCKEN 位来关闭相应的外设时钟。但是在关闭外设的时钟前,用户必须设置相应的位,禁用该外设。为了使能一个外设,用户必须先设置寄存器 CLK_PCKENR 中对应的 PCKEN 位,然后设置外设控制寄存器中的外设使能位。AWU 计数器是由独立于主时钟 f_{MASTER} 的内部或外部时钟(LSI 或 HSE)驱动,因此,即使寄存器的时钟已被关掉,该外设依然可以继续运行。

1.4.2 时钟安全系统(CSS)

时钟安全系统用于监控 HSE 时钟源是否失效。当 f_{MASTER} 使用 HSE 做为时钟源时,如果 HSE 时钟由于谐振器损坏、断开或其他原因而失效,时钟控制器将激活安全恢复机制,将 f_{MASTER} 自动切换到辅助时钟源 HSI/8。系统将一直使用辅助时钟源,直至 MCU 被复位。设置时钟安全系统寄存器 CLK_CSSR 中的 CSSEN 位,可使能时钟安全系统。为安全起见,CSS 一旦使能就不能被关闭,直到下一次复位。

必须满足下面的条件,CSS 方可检测 HSE 石英晶体的失效:

- HSE 晶体开:(外部时钟寄存器 CLK_ECKR 中的位 HSEEN=1);
- HSE 振荡器被置为石英晶体(选项位 EXTCLK 为 1);
- CSS 功能开:(寄存器 CLK_CSSR 中 CSSEN=1)。

如果当前的主时钟源为 HSE,当失效被检测到时,CSS 将执行以下操作:

- 寄存器 CLK_CSSR 中的 CSSD 位被置位,如果 CSSIEN 为 1,则同时产生一个中断;
- CLK_CMSR,CLK_SWR,及 CLK_CKDIVR 中的 HSIDIV[1:0]位被置为复位值(CKM[7:0]=SWI[7:0]=E1H)。HSI/8 成为主时钟;
- 内部时钟寄存器 CLK_ICKR 中的 HSIEN 被置位(HSI 开);
- 外部时钟寄存器 CLK_ECKR 中的 HSEEN 被清除(HSE 关);
- AXU 位被置位,用以指示辅助时钟源 HSI/8 被强制使用。

用户可通过软件清除 CSSD 位,但 AXU 位只能由复位清除。

为了提高时钟频率,用户在清除寄存器 CLK_CSSR 中的 CSSD 位以后,可修改寄存器 CLK_CKDIVR 中的 HSIDIV[1:0]位。

如果失效发生时 HSE 不是主时钟源,主时钟将不会被切换到辅助时钟源,以上操作也不会发生,仅执行下面的操作:

- 外部时钟寄存器 CLK_ECKR 中的 HSEEN 被清除,HSE 关闭;
- 寄存器 CLK_CSSR 中的位 CSSD 被置位,如果 CSSIEN 为 1,则同时产生一个中断。

如果 HSE 不是当前主时钟源,且主时钟正在被切换至 HSE,则在清除 CSSD 位之前,必须先清除寄存器 CLK_SWCR 的 SWBSY 位。

如果当失效被检测到时,HSE 被 CCOSEL 选择为时钟输出模式(参见时钟输出

功能(CCO)),则 HSI(HSIDIV)将替代 HSE,被自动强制选择为输出时钟。

1.4.3 时钟输出功能(CCO)

可配置的时钟输出功能使用户可在外部引脚 CCO 上输出指定的时钟。用户可选择 f_{HSE} 、 f_{HSI} 、 f_{HSIDIV} 、 f_{LSI} 、 f_{MASTER} 和 f_{CPU} (可选择分频值) 6 种时钟信号之一做为 CCO 时钟。

可以通过配置时钟输出寄存器 CLK_CCOR 中域 CCOSEL[3:0]选择输出的时钟。但是在所有可能的分频值下,不能保证信号的占空比全部为 50%。

使用过程中须为指定的 I/O 引脚选择期望输出的时钟。此 I/O 必须通过配置寄存器 Px_CR1 对应的位为 1 来设置为上拉输入或推挽输出模式。一旦可配置时钟输出寄存器 CLK_CCOR 的位 CCOEN=1,就开始输出所选定的时钟信号。

如果 CCOBSY 为 1,则表明可配置时钟输出系统正在工作。只要 CCOBSY 为 1,CCOSEL 位就会被写保护。

如果需要,CCO 可自动激活目标振荡器。当所选时钟就绪时,CCORDY 被置位。

用户可通过清除 CCOEN 位来禁用时钟输出功能。CCOBSY 位和 CCORDY 位都将保持为 1 直到禁用操作结束。从清除 CCOEN 位到这两个标志位被复位之间的时间可能会很长,例如当所选的输出时钟相对于 f_{CPU} 频率很低时。

1.4.4 时钟中断

当下列事件发生时,时钟控制器可产生中断:

- 主时钟源切换事件;
- 时钟安全系统(CSS)事件。

这两个中断均可被独立屏蔽。时钟中断请求如表 1.1 所列。

表 1.1 时钟中断请求

中断事件	事件标志位	使能控制位	从 Wait 模式退出	从 Halt 模式退出
CSS 事件	CSSD	CSSDIE	是	否
主时钟切换事件	SWIF	SWIEN	是	否

1.4.5 时钟控制寄存器

1. 内部时钟寄存器(CLK_ICKR)

CLK_ICKR 的地址偏移值为 0x00,复位值为 0x01,寄存器结构及说明分别如表 1.2 和表 1.3 所列。