

# K60 系列产品简介

## 支持所有 K60 器件

### 1 Kinetis 产品组合

Kinetis 是业界扩展能力最强的低功耗混合信号 ARM®Cortex™-M4 MCU 产品组合。该产品组合的第一阶段包括 5 个 MCU 系列，提供 200 多款引脚、外设和软件兼容的器件。每个系列都有多种通用外设、存储器映射空间和封装，不但具有卓越的性能、存储和特性的扩展能力而且方便在各系列产品间移植。

Kinetis MCU 采用 Freescale 创新的 90nm 薄膜存储(TFS) Flash 技术制造，具有独特的可变存储 (FlexMemory)。Kinetis MCU 系列不仅具备最新的低功耗创新技术和高性能、高精度混合信号能力，而且集成了广泛的连接特性、人机界面、安全和保密外设。Freescale 和众多 ARM 第三方生态系统合作伙伴提供市场领先的工具包来支持 Kinetis MCU。

#### 内容

1	Kinetis 产品组合.....	1
2	K60 系列简介.....	3
3	K60 框图.....	3
4	特性.....	5
5	电源模式.....	30
6	开发者环境.....	31
7	修订历史.....	36

产品系列	程序 Flash	封装	主要特性						
K60系列	256KB-1MB	100-256引脚							
K50系列	128-512KB	64-144引脚							
K40系列	64-512KB	64-144引脚							
K30系列	64-512KB	64-144引脚							
K20系列	32KB-1MB	32-144引脚							
K10系列	32KB-1MB	32-144引脚							

低功耗	混合信号	USB	段式LCD	以太网
加密和篡改检测	运算和跨导放大器	DDR		

图 1. Kinetis MCU 产品组合

所有 Kinetis 系列都包含丰富多样且功能强大的模拟、通信、定时和控制外设，等各种特性的集成，而且还有不同大小 Flash 存储器和输入/输出的数量。所有 Kinetis 系列的共同特性包括：

- 内核：
  - ARM Cortex-M4 内核，提供 1.25 DMIPS/MHz 性能和 DSP 指令（某些 Kinetis 系列还提供浮点单元）
  - 多达 32 通道 DMA，用于服务外设和存储器，最大限度地减少 CPU 干预
  - 多种不同性能等级的 CPU，指定最高频率有 50 MHz、72 MHz、100 MHz、120 MHz 和 150 MHz
- 超低功耗：
  - 10 种低功耗工作模式，用于优化外设活动和唤醒时间，从而延长电池寿命
  - 低漏电唤醒单元、低功耗定时器和低功耗 RTC 增强低功耗灵活性
  - 业界领先的快速唤醒时间
- 存储器：
  - 32 KB Flash / 8 KB RAM 到 1 MB Flash / 128 KB RAM 的可扩展存储器大小。独立的 Flash 分页支持代码执行和固件更新同时进行
  - 可选 16 KB 高速缓存，用于优化总线带宽和 Flash 执行性能。K10、K20 和 K60 系列器件提供，CPU 性能最高可达 150 MHz。
  - 多达 512 KB FlexNVM 和 16 KB FlexRAM 的 FlexMemory。FlexNVM 可分区以支持其他程序 Flash 存储器（如 bootloader）、数据 Flash（如大型表格的存储）或 EEPROM 备份。FlexRAM 支持 EEPROM 字节写入/字节擦除操作，决定 EEPROM 的最大大小。
  - EEPROM 耐久性超过 1 千万周期
  - EEPROM 擦除/写入时间比传统 EEPROM 快一个数量级
  - 多功能外部总线接口支持连接外部存储器、门阵列逻辑
  - DDR 存储控制器
  - NAND Flash 控制器
- 混合信号模拟：

- 快速、高精度 16 位 ADC、12 位 DAC、可编程增益放大器、高速比较器和内部基准电压源。强大的信号调适、转换和分析能力，降低系统成本
- 人机界面(HMI)：
  - 电容式触摸检测接口，提供全面的低功耗支持，使能后增加的电流极小
- 连接和通信：
  - I2S、CAN、I2C、DSPI 以及支持 ISO7816 和 IrDA 的 UART
  - USB OTG 控制器
- 可靠性、安全和保密：
  - 硬件循环冗余校验引擎用于验证存储器内容/通信数据，提高系统可靠性
  - 独立定时的 COP 防止故障安全应用的代码失控
  - 外部看门狗监控
  - 安全存储和篡改检测
- 定时和控制：
  - 功能强大的 FlexTimer 支持通用、PWM 和电机控制功能
  - 载波调制发生器用于 IR 传输
  - 可编程中断定时器用于基于时序的 RTOS 任务调度或作为 ADC 转换和可编程延迟区块的触发源
- 系统：
  - 支持引脚中断的 5 V 兼容 GPIO
  - 1.71 V 至 3.6 V 的宽范围工作电压，Flash 编程电压可低至 1.71 V，在此电压下 Flash 和模拟外设可完全正常工作
  - 环境工作温度范围：-40 °C 至 105 °C

## 2 K60 系列简介

K60 MCU 系列具有 IEEE 1588 以太网、带设备充电检测功能的全速和高速 USB 2.0 On-The-Go、硬件加密以及篡改检测功能。器件提供 256 KB（100LQFP 封装）到 1 MB（256MAPBGA 封装）不等的 Flash，以及丰富的模拟、通信、定时和控制外设。高存储器密度 K60 系列器件包括可选的单精度浮点单元、NAND Flash 控制器和 DRAM 控制器。

## 3 K60 框图

下图所示为 K60 器件的超集框图。该系列中的其他器件具有这些特性的一个子集。

## Kinetis K60系列

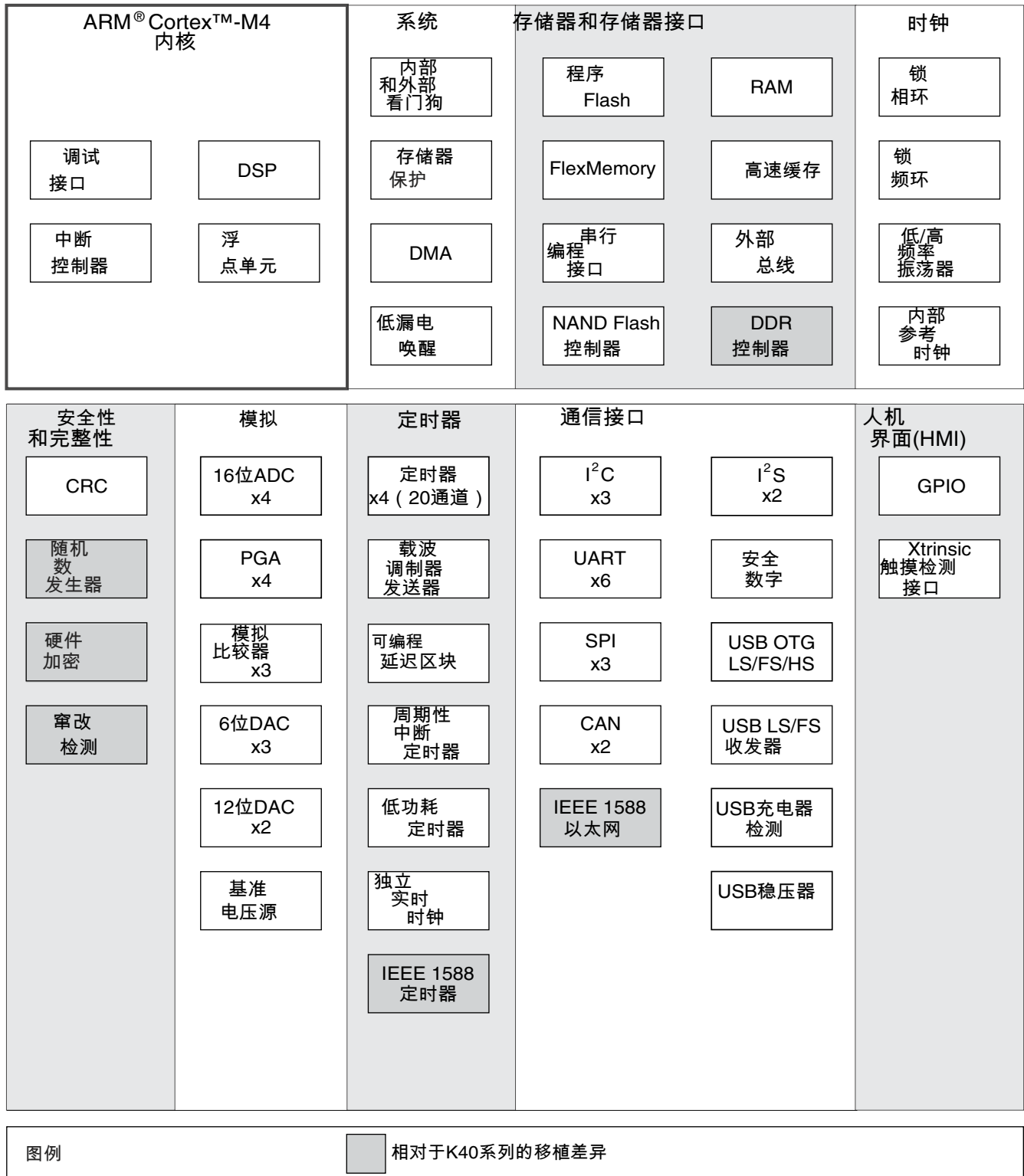


图 2. K60 框图

## 4 特性

### 4.1 K60 系列的通用特性

K60 系列的所有器件都至少提供下列特性：

**表 1. K60 所有器件的通用特性**

工作特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 电压范围: 1.71V - 3.6V</li> <li>• Flash 存储器编程电压低至 1.71V</li> <li>• 温度范围(<math>T_A</math>): -40 至 105°C</li> <li>• 灵活的工作模式</li> </ul>
内核特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 新一代 32 位 ARM Cortex-M4 内核</li> <li>• 支持 DSP 指令</li> <li>• 嵌套向量中断控制器(NVIC)</li> <li>• 异步唤醒中断控制器(AWIC)</li> <li>• 调试和跟踪能力                         <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 引脚串行线调试(SWD)</li> <li>• IEEE 1149.1 联合测试行动组织(JTAG)</li> <li>• IEEE 1149.7 紧凑型 JTAG (cJTAG)</li> <li>• 跟踪端口接口单元(TPIU)</li> <li>• Flash 补丁和断点(FPB)</li> <li>• 数据观察点和跟踪(DWT)</li> <li>• 测量跟踪宏单元(ITM)</li> </ul> </li> </ul>
系统和电源管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 集成外部监控引脚的软件和硬件看门狗</li> <li>• DMA 控制器</li> <li>• 低漏电唤醒单元(LLWU)</li> <li>• 具有 10 种不同电源模式的电源管理控制器</li> <li>• 不可屏蔽中断(NMI)</li> <li>• 每块芯片都有一个 128 位唯一识别码(ID)</li> </ul>
时钟	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 多功能时钟发生器                         <ul style="list-style-type: none"> <li>• PLL 和 FLL 操作</li> <li>• 内部参考时钟</li> </ul> </li> <li>• 3MHz 至 32MHz 晶振</li> <li>• 32kHz 至 40kHz 晶振</li> <li>• 内部 1kHz 低功耗振荡器</li> <li>• 直流至 50MHz 外部方波输入时钟</li> </ul>
存储器和存储器接口	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FlexMemory 包含 FlexNVM (非易失性 Flash 存储器, 可执行程序代码、存储数据或备份 EEPROM 数据) 或 FlexRAM (RAM 存储器, 可用作传统 RAM 或高耐用性 EEPROM 存储器, 还可加速 Flash 编程)</li> <li>• Flash 安全和保护特性</li> <li>• 串行 Flash 编程接口(EzPort)</li> </ul>
安全性和集成性	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 循环冗余校验(CRC)</li> </ul>
模拟	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 16 位 SAR ADC</li> <li>• 可编程参考电压源(VREF)</li> <li>• 12 位 DAC</li> <li>• 集成 6 位 DAC 的高速模拟比较器(CMP)</li> </ul>
定时器	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1x8 通道电机控制/通用/PWM 灵活定时器(FTM)</li> <li>• 2x2 通道正交解调器/通用/PWM 灵活定时器(FTM)</li> <li>• 载波调制器定时器(CMT)</li> </ul>

下一页继续介绍此表...

**表 1. K60 所有器件的通用特性 (继续)**

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 可编程延迟区块(PDB)</li> <li>• 1x4 通道可编程中断定时器(PIT)</li> <li>• 低功耗定时器(LPT)</li> </ul>
通信	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 提供 IEEE 1588 支持的以太网</li> <li>• USB 全速/低速 OTG/主机/设备</li> <li>• CAN</li> <li>• SPI</li> <li>• I<sup>2</sup>C 提供 SMBUS 支持</li> <li>• UART (集成 ISO7816、IrDA 和硬件流控制)</li> </ul>
人机界面	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 提供中断支持、DMA 请求能力、数字毛刺滤波器和其他引脚控制选项的 GPIO</li> <li>• 5V 输入容差</li> <li>• 电容式触摸感应输入</li> </ul>

### 4.1.1 存储器 and 封装方式

下表汇总 K60 系列的存储器和封装方式。所有封装相同的器件均引脚兼容。

**表 2. K60 系列汇总**

子系列	性能(MHz)	存储器				封装						
		Flash (KB)	FlexNVM (KB)	SRAM (KB)	EEPROM/FlexRAM (KB)	100 LQFP (14x14)	104BGA (8x8)	121BGA (8x8)	144LQFP (20x20)	144BGA (13x13)	196BGA (15x15)	2566BGA (17x17)
K60N	100	256	—	64	—	+	—	+	+	+	—	—
	100	512	—	128	—	+	—	+	+	+	—	—
	120	1024	—	128	—	—	—	—	+	+	—	—
	150	1024	—	128	—	—	—	—	+	+	—	—
K60X	100	256	256	64	4	+	—	+	+	+	—	—
	120	512	512	128	16	—	—	—	+	+	—	—
	150	512	512	128	16	—	—	—	+	+	—	—
K61N	120	1024	—	128	—	—	—	—	—	+	+	+
	150	1024	—	128	—	—	—	—	—	+	+	+
K61X	120	512	512	128	16	—	—	—	—	+	+	+
	150	512	512	128	16	—	—	—	—	+	+	+

## 4.2 FlexMemory

Freescale 最新的 FlexMemory 技术为寻求片上 EEPROM 和/或额外编程或数据 Flash 存储器的设计人员提供了功能尤为丰富而强大的解决方案。和 SRAM 一样易于使用和快速，用作高度耐用的字节写入/字节擦除 EEPROM 时，无需用户或系统干预即可完成编程和擦除功能。EEPROM 阵列大小可以通过配置来提高耐用性，从而满足应用要求。FlexMemory 还可提供额外的 Flash 存储器(FlexNVM)，用于数据或程序存储，并与主程序 Flash 一同使用。

FlexMemory 的关键特性包括：

- 设计人员可配置性：
  - EEPROM 阵列大小和写入/擦除周期数
  - 程序或数据 Flash 大小
- 全电压和温度范围内 EEPROM 耐用性为 1 千万次写入/擦除周期
- 无缝 EEPROM 读取/写入操作：只需读取或写入一个存储器地址
- EEPROM 可执行高速字节、16/32 位写入/擦除操作
- 无外部 EEPROM IC 相关成本支出、软件问题以及资源(CPU/Flash/RAM)对 EEPROM 仿真方案的影响
- 大型数据表或 bootloader
- 主程序 Flash 存储器可同时进行读写操作
- 最小写入电压：1.71 V

### 4.2.1 可编程权衡

FlexMemory 允许对 FlexNVM 和 FlexRAM 块的使用方式进行全面配置，以便针对应用实现存储器资源的最佳平衡。

用户可配置多个参数，包括 EEPROM 大小、耐用性、写入大小以及额外程序/数据 Flash 的大小。

相比传统 EEPROM 解决方案，FlexMemory 除了具有灵活性，还提供出色的 EEPROM 性能、耐用性和低电压工作性能。

- 增强型 EEPROM — 结合了 FlexRAM 和 FlexNVM，创建字节写入/擦除、高速和高耐用性的 EEPROM
- FlexNVM — 可用作：
  - 部分 EEPROM 配置、
  - 额外的程序或数据 Flash，或
  - 两者兼备。例如，一部分可用作 Flash，而其余部分用作增强型 EEPROM 备份。
- FlexRAM — 可用作 EEPROM 配置的一部分或额外的系统 RAM

### 4.2.2 用例

MCU 集成 128 KB 程序 Flash、32 KB SRAM，而 FlexMemory 集成 128 KB FlexNVM 和 4 KB FlexRAM（最大 EEPROM 大小）。应用要求 8 KB 的额外程序 Flash，用于 bootloader 以及 256 字节的高耐用性 EEPROM。用户分配 8 KB FlexNVM 用作额外的程序 Flash，而余下的 120 KB 用作 EEPROM 备份。

用户从 FlexRAM 定义了 256 字节的 EEPROM。本例中，EEPROM 耐用性为至少 232 万次写入/擦除周期。

## 4.3 器件型号和封装

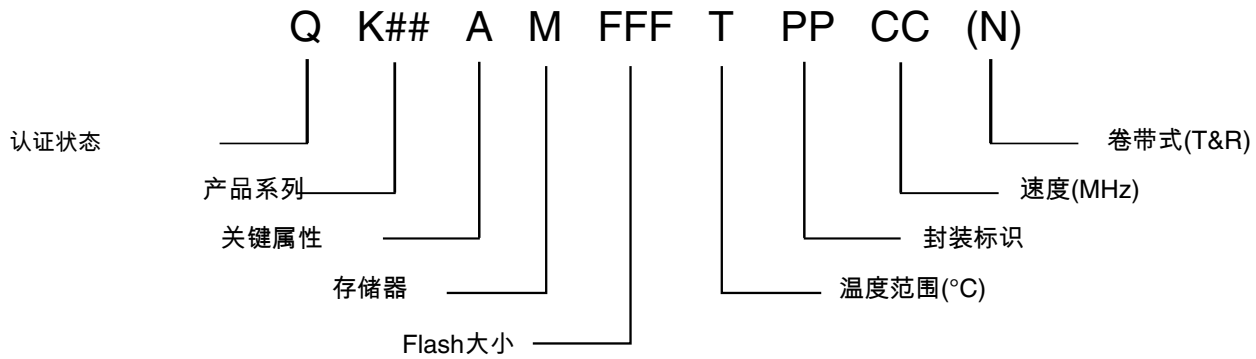


图 3. 器件型号图解

字段	说明	值
Q	认证状态	<ul style="list-style-type: none"> <li>M = 完全认证, 通用市场流程</li> <li>P = 预认证</li> </ul>
K##	Kinetis 系列	<ul style="list-style-type: none"> <li>K60</li> </ul>
A	关键属性	<ul style="list-style-type: none"> <li>D = 集成 DSP 的 Cortex-M4</li> <li>F = 集成 FPU 的 Cortex-M4</li> </ul>
M	Flash 存储器类型	<ul style="list-style-type: none"> <li>N = 仅程序 Flash</li> <li>X = 程序 Flash 和 FlexMemory</li> </ul>
FFF	程序 Flash 存储器大小	<ul style="list-style-type: none"> <li>32 = 32 KB</li> <li>64 = 64 KB</li> <li>128 = 128 KB</li> <li>256 = 256 KB</li> <li>512 = 512 KB</li> <li>1M0 = 1 MB</li> </ul>
T	温度范围(°C)	<ul style="list-style-type: none"> <li>V = -40 至 105</li> <li>C = -40 至 85</li> </ul>
PP	封装标识	<ul style="list-style-type: none"> <li>FM = 32 QFN (5 mm x 5 mm)</li> <li>FT = 48 QFN (7 mm x 7 mm)</li> <li>LF = 48 LQFP (7 mm x 7 mm)</li> <li>EX = 64 QFN (9 mm x 9 mm)</li> <li>LH = 64 LQFP (10 mm x 10 mm)</li> <li>LK = 80 LQFP (12 mm x 12 mm)</li> <li>MB = 81 MAPBGA (8 mm x 8 mm)</li> <li>LL = 100 LQFP (14 mm x 14 mm)</li> <li>MC = 121 MAPBGA (8 mm x 8 mm)</li> <li>LQ = 144 LQFP (20 mm x 20 mm)</li> <li>MD = 144 MAPBGA (13 mm x 13 mm)</li> <li>MF = 196 MAPBGA (15 mm x 15 mm)</li> <li>MJ = 256 MAPBGA (17 mm x 17 mm)</li> </ul>
CC	CPU 最高频率(MHz)	<ul style="list-style-type: none"> <li>5 = 50 MHz</li> <li>7 = 72 MHz</li> <li>10 = 100 MHz</li> <li>12 = 120 MHz</li> <li>15 = 150 MHz</li> </ul>
N	封装类型	<ul style="list-style-type: none"> <li>R = 卷带式</li> <li>(空) = 托盘式</li> </ul>



## 4.4 K60 系列特性

下列内容列出了 K60 系列产品中各器件之间的不同之处。该部分内容以性能水平划分。

各产品型号下面的特性列表表示该器件提供的最高配置。信号多路复用配置确定了哪些模块可同时使用。

### 4.4.1 K60 系列特性 ( 100MHz 性能 )

表 3. K60 100MHz 性能表

MC 器件型号	MK60DN256ZVLL10(R)	MK60DX256ZVLL10(R)	MK60DN512ZVLL10(R)	MK60DN256ZVMC10(R)	MK60DX256ZVMC10(R)	MK60DN512ZVMC10(R)	MK60DN256ZVLQ10(R)	MK60DX256ZVLQ10(R)	MK60DN512ZVLQ10(R)	MK60DN256ZVMD10(R)	MK60DX256ZVMD10(R)	MK60DN512ZVMD10(R)
整体												
CPU 频率	100 MHz	100 MHz	100 MHz	100 MHz	100 MHz	100 MHz	100 MHz	100 MHz	100 MHz	100 MHz	100 MHz	100 MHz
引脚数	100	100	100	121	121	121	144	144	144	144	144	144
封装	LQFP	LQFP	LQFP	MAPB GA	MAPB GA	MAPB GA	LQFP	LQFP	LQFP	MAPB GA	MAPB GA	MAPB GA
存储器 and 存储器接口												
总 Flash 存储器	256KB	512KB	512KB	256KB	512KB	512KB	256KB	512KB	512KB	256KB	512KB	512KB
Flash	256KB	256KB	512KB	256KB	256KB	512KB	256KB	256KB	512KB	256KB	256KB	512KB
FlexNVM	-	256KB	-	-	256KB	-	-	256KB	-	-	256KB	-
EEPROM/FlexRAM	-	4KB	-	-	4KB	-	-	4KB	-	-	4KB	-
SRAM	64KB	64KB	128KB	64KB	64KB	128KB	64KB	64KB	128KB	64KB	64KB	128KB
串行编程接口	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持
外部总线接口(FlexBus), 地址/数据/CS	21/16/5	21/16/5	21/16/5	32/32/6	32/32/6	32/32/6	32/32/6	32/32/6	32/32/6	32/32/6	32/32/6	32/32/6
非多路复用外部总线接口 (Flexbus), 地址/数据/CS	21/8/5	21/8/5	21/8/5	30/16/6, 30/8/6	30/16/6, 30/8/6	30/16/6, 30/8/6	30/16/6, 30/8/6	30/16/6, 30/8/6	30/16/6, 30/8/6	30/16/6, 30/8/6	30/16/6, 30/8/6	30/16/6, 30/8/6
DDR 控制器	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NAND Flash 控制器	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
高速缓存	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
内核模块												
DSP	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持
SPFPU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

下一页继续介绍此表...

**表 3. K60 100MHz 性能表 (继续)**

MC 器件型号	MK60DN256ZVLL10(R)	MK60DX256ZVLL10(R)	MK60DN512ZVLL10(R)	MK60DN256ZVMC10(R)	MK60DX256ZVMC10(R)	MK60DN512ZVMC10(R)	MK60DN256ZVLQ10(R)	MK60DX256ZVLQ10(R)	MK60DN512ZVLQ10(R)	MK60DX256ZVMD10(R)	MK60DN512ZVMD10(R)	MK60DX256ZVMD10(R)
调试	JTAG、 cJTAG 、SWD	JTAG、 cJTAG 、SWD	JTAG、 cJTAG 、SWD	JTAG、 cJTAG 、SWD	JTAG、 cJTAG 、SWD	JTAG、 cJTAG 、SWD	JTAG、 cJTAG 、SWD	JTAG、 cJTAG 、SWD	JTAG、 cJTAG 、SWD	JTAG、 cJTAG 、SWD	JTAG、 cJTAG 、SWD	JTAG、 cJTAG 、SWD
跟踪	TPIU、 FPB、 DWT、 ITM、 ETM、 ETB	TPIU、 FPB、 DWT、 ITM、 ETM、 ETB	TPIU、 FPB、 DWT、 ITM、 ETM、 ETB	TPIU、 FPB、 DWT、 ITM、 ETM、 ETB	TPIU、 FPB、 DWT、 ITM、 ETM、 ETB	TPIU、 FPB、 DWT、 ITM、 ETM、 ETB	TPIU、 FPB、 DWT、 ITM、 ETM、 ETB	TPIU、 FPB、 DWT、 ITM、 ETM、 ETB	TPIU、 FPB、 DWT、 ITM、 ETM、 ETB	TPIU、 FPB、 DWT、 ITM、 ETM、 ETB	TPIU、 FPB、 DWT、 ITM、 ETM、 ETB	TPIU、 FPB、 DWT、 ITM、 ETM、 ETB
NMI	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持
系统模块												
软件看门狗	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持
硬件看门狗	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持
PMC	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持
MPU	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持
DMA	16 通 道	16 通 道	16 通 道	16 通 道	16 通 道	16 通 道	16 通 道	16 通 道	16 通 道	16 通 道	16 通 道	16 通 道
时钟模块												
MCG	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持
OSC (32-40kHz/ 3-32MHz)	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持
RTC (32KHz Osc, Vbat)	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持
安全性和集成性												
硬件加密	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持
篡改检测	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CRC	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持
模拟												
ADC0 (SE: 单端; DP: 差分对)	19 通 道 SE + 3 通 道 DP	19 通 道 SE + 3 通 道 DP	19 通 道 SE + 3 通 道 DP	19 通 道 SE + 3 通 道 DP	19 通 道 SE + 3 通 道 DP	19 通 道 SE + 3 通 道 DP	23 通 道 SE + 3 通 道 DP	23 通 道 SE + 3 通 道 DP	23 通 道 SE + 3 通 道 DP	23 通 道 SE + 3 通 道 DP	23 通 道 SE + 3 通 道 DP	23 通 道 SE + 3 通 道 DP
ADC1	16 通 道 SE + 3 通 道 DP	16 通 道 SE + 3 通 道 DP	16 通 道 SE + 3 通 道 DP	19 通 道 SE + 3 通 道 DP	19 通 道 SE + 3 通 道 DP	19 通 道 SE + 3 通 道 DP	21 通 道 SE + 3 通 道 DP	21 通 道 SE + 3 通 道 DP	21 通 道 SE + 3 通 道 DP	21 通 道 SE + 3 通 道 DP	21 通 道 SE + 3 通 道 DP	21 通 道 SE + 3 通 道 DP
ADC2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ADC3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

下一页继续介绍此表...

表 3. K60 100MHz 性能表 (继续)

MC 器件型号	MK60DN256ZVLL10(R)	MK60DX256ZVLL10(R)	MK60DN512ZVLL10(R)	MK60DN256ZVMC10(R)	MK60DX256ZVMC10(R)	MK60DN512ZVMC10(R)	MK60DN256ZVLQ10(R)	MK60DX256ZVLQ10(R)	MK60DN512ZVLQ10(R)	MK60DN256ZVMD10(R)	MK60DX256ZVMD10(R)	MK60DN512ZVMD10(R)
ADC DP	4 通道	4 通道	4 通道	4 通道	4 通道	4 通道	4 通道	4 通道	4 通道	4 通道	4 通道	4 通道
ADC SE	19 通道	19 通道	19 通道	21 通道	21 通道	21 通道	27 通道	27 通道	27 通道	27 通道	27 通道	27 通道
PGA	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
12 位 DAC	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
模拟比较器	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
模拟比较器输入	6/5/ 5/0	6/5/ 5/0	6/5/ 5/0	6/4/ 3/0	6/4/ 3/0	6/4/ 3/0	6/5/ 4/0	6/5/ 4/0	6/5/ 4/0	6/5/ 4/0	6/5/ 4/0	6/5/ 4/0
OPAMP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRIAMP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vref	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持
定时器												
电机控制/通用/PWM	1x8 通道	1x8 通道	1x8 通道	1x8 通道	1x8 通道	1x8 通道	1x8 通道	1x8 通道	1x8 通道	1x8 通道	1x8 通道	1x8 通道
四通道解码器/通用/PWM	2x2 通道	2x2 通道	2x2 通道	2x2 通道	2x2 通道	2x2 通道	2x2 通道	2x2 通道	2x2 通道	2x2 通道	2x2 通道	2x2 通道
FTM 外部时钟	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
低功耗定时器	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PIT	1x4 通道	1x4 通道	1x4 通道	1x4 通道	1x4 通道	1x4 通道	1x4 通道	1x4 通道	1x4 通道	1x4 通道	1x4 通道	1x4 通道
PDB	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CMT (载波调制发送器)	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持
通信接口												
SDHC	4 位	4 位	4 位	8 位, CLKIN	8 位, CLKIN	8 位, CLKIN	8 位, CLKIN	8 位, CLKIN	8 位, CLKIN	8 位, CLKIN	8 位, CLKIN	8 位, CLKIN
高波特率 UART, 集成 ISO7816	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
高波特率 UART	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
UART	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4
每模块的 SPI 芯片选择	6/4/ 1	6/4/ 1	6/4/ 1	6/4/ 2	6/4/ 2	6/4/ 2	6/4/ 2	6/4/ 2	6/4/ 2	6/4/ 2	6/4/ 2	6/4/ 2
I2C	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
I2S	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CAN	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

下一页继续介绍此表...

表 3. K60 100MHz 性能表 (继续)

MC 器件型号	MK60DN256ZVLL10(R)	MK60DX256ZVLL10(R)	MK60DN512ZVLL10(R)	MK60DN256ZVMC10(R)	MK60DX256ZVMC10(R)	MK60DN512ZVMC10(R)	MK60DN256ZVLQ10(R)	MK60DX256ZVLQ10(R)	MK60DN512ZVLQ10(R)	MK60DX256ZVMD10(R)	MK60DN512ZVMD10(R)	MK60DX256ZVMD10(R)
USB OTG LS/FS, 集成片上 xcvr	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
USB OTG HS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USB DCD	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持
USB 120mAReg	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持
以太网, 集成 1588	RMII	RMII	RMII	RMII	RMII	RMII	MII / RMII	MII / RMII	MII / RMII	MII / RMII	MII / RMII	MII / RMII
IEEE1588 定时器	1x3 通道, CLKIN	1x3 通道, CLKIN	1x3 通道, CLKIN	1x4 通道, CLKIN	1x4 通道, CLKIN	1x4 通道, CLKIN	1x4 通道, CLKIN	1x4 通道, CLKIN	1x4 通道, CLKIN	1x4 通道, CLKIN	1x4 通道, CLKIN	1x4 通道, CLKIN
人机界面												
段式 LCD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
图形 LCD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TSI (电容触摸)	16 路输入	16 路输入	16 路输入	16 路输入	16 路输入	16 路输入	16 路输入	16 路输入	16 路输入	16 路输入	16 路输入	16 路输入
GPIO (集成中断)	66	66	66	86	86	86	100	100	100	100	100	100
工作特性												
5 V 容差	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持
电压范围	1.71-3.6 V	1.71-3.6 V	1.71-3.6 V	1.71-3.6 V	1.71-3.6 V	1.71-3.6 V	1.71-3.6 V	1.71-3.6 V	1.71-3.6 V	1.71-3.6 V	1.71-3.6 V	1.71-3.6 V
Flash 写入电压	1.71 V	1.71 V	1.71 V	1.71 V	1.71 V	1.71 V	1.71 V	1.71 V	1.71 V	1.71 V	1.71 V	1.71 V
温度范围	-40 至 105 C	-40 至 105 C	-40 至 105 C	-40 至 105 C	-40 至 105 C	-40 至 105 C	-40 至 105 C	-40 至 105 C	-40 至 105 C	-40 至 105 C	-40 至 105 C	-40 至 105 C

## 4.4.2 K60 系列特性 ( 120MHz 性能 )

表 4. K60 120MHz 性能表

MC 器件型号	MK60FX512VLQ12(R)	MK60FN1M0VLQ12(R)	MK60FX512VMD12(R)	MK60FN1M0VMD12(R)
<b>整体</b>				
CPU 频率	120 MHz	120 MHz	120 MHz	120 MHz
引脚数	144	144	144	144
封装	LQFP	LQFP	MAPBGA	MAPBGA
<b>存储器 and 存储器接口</b>				
总 Flash 存储器	1MB	1MB	1MB	1MB
Flash	512KB	1MB	512KB	1MB
FlexNVM	512KB	-	512KB	-
EEPROM/FlexRAM	16KB	-	16KB	-
SRAM	128KB	128KB	128KB	128KB
串行编程接口	支持	支持	支持	支持
外部总线接口(FlexBus), 地址/数据/CS	32/32/6	32/32/6	32/32/6	32/32/6
非多路复用外部总线接口(Flexbus), 地址/数据/CS	30/16/6, 30/8/6	30/16/6, 30/8/6	30/16/6, 30/8/6	30/16/6, 30/8/6
DDR 控制器	-	-	-	-
NAND Flash 控制器	支持	支持	支持	支持
高速缓存	16KB	16KB	16KB	16KB
<b>内核模块</b>				
DSP	支持	支持	支持	支持
SPFPU	支持	支持	支持	支持
调试	JTAG, cJTAG, SWD	JTAG, cJTAG, SWD	JTAG, cJTAG, SWD	JTAG, cJTAG, SWD
跟踪	TPIU, FPB, DWT, ITM, ETM, ETB	TPIU, FPB, DWT, ITM, ETM, ETB	TPIU, FPB, DWT, ITM, ETM, ETB	TPIU, FPB, DWT, ITM, ETM, ETB
NMI	支持	支持	支持	支持
<b>系统模块</b>				
软件看门狗	支持	支持	支持	支持
硬件看门狗	支持	支持	支持	支持
PMC	支持	支持	支持	支持
MPU	支持	支持	支持	支持
DMA	32 通道	32 通道	32 通道	32 通道
<b>时钟模块</b>				
MCG	支持	支持	支持	支持

下一页继续介绍此表...

表 4. K60 120MHz 性能表 (继续)

MC 器件型号	MK60FX512VLQ12(R)	MK60FN1M0VLQ12(R)	MK60FX512VMD12(R)	MK60FN1M0VMD12(R)
OSC (32-40kHz/3-32MHz)	32-40kHz/ 8-32MHz	32-40kHz/ 8-32MHz	32-40kHz/ 8-32MHz	32-40kHz/ 8-32MHz
RTC (32KHz Osc, Vbat)	支持	支持	支持	支持
安全性和集成性				
硬件加密	支持	支持	支持	支持
篡改检测	-	-	-	-
CRC	支持	支持	支持	支持
模拟				
ADC0 (SE: 单端; DP: 差分对)	12 通道 SE + 3 通道 DP	12 通道 SE + 3 通道 DP	12 通道 SE + 3 通道 DP	12 通道 SE + 3 通道 DP
ADC1	18 通道 SE + 3 通道 DP	18 通道 SE + 3 通道 DP	18 通道 SE + 3 通道 DP	18 通道 SE + 3 通道 DP
ADC2	7 通道 SE + 2 通道 DP	7 通道 SE + 2 通道 DP	7 通道 SE + 2 通道 DP	7 通道 SE + 2 通道 DP
ADC3	8 通道 SE + 2 通道 DP	8 通道 SE + 2 通道 DP	8 通道 SE + 2 通道 DP	8 通道 SE + 2 通道 DP
ADC DP	4 通道	4 通道	4 通道	4 通道
ADC SE	48 通道	48 通道	48 通道	48 通道
PGA	4	4	4	4
12 位 DAC	2	2	2	2
模拟比较器	4	4	4	4
模拟比较器输入	5 / 2 / 2 / 5	5 / 2 / 2 / 5	5 / 2 / 2 / 5	5 / 2 / 2 / 5
OPAMP	-	-	-	-
TRIAMP	-	-	-	-
Vref	支持	支持	支持	支持
定时器				
电机控制/通用/PWM	2x8 通道	2x8 通道	2x8 通道	2x8 通道
四通道解码器/通用/PWM	2x2 通道	2x2 通道	2x2 通道	2x2 通道
FTM 外部时钟	2	2	2	2
低功耗定时器	1	1	1	1
PIT	1x4 通道	1x4 通道	1x4 通道	1x4 通道
PDB	1	1	1	1
CMT (载波调制发送器)	支持	支持	支持	支持
通信接口				
SDHC	8 位, CLKIN	8 位, CLKIN	8 位, CLKIN	8 位, CLKIN

下一页继续介绍此表...

表 4. K60 120MHz 性能表 (继续)

MC 器件型号	MK60FX512VLQ12(R)	MK60FN1M0VLQ12(R)	MK60FX512VMD12(R)	MK60FN1M0VMD12(R)
高波特率 UART, 集成 ISO7816	2	2	2	2
高波特率 UART	0	0	0	0
UART	4	4	4	4
每模块的 SPI 芯片选择	6 / 4 / 2	6 / 4 / 2	6 / 4 / 2	6 / 4 / 2
I2C	2	2	2	2
I2S	2	2	2	2
CAN	2	2	2	2
USB OTG LS/FS, 集成片上 xcvr	1	1	1	1
USB OTG HS	1	1	1	1
USB DCD	支持	支持	支持	支持
USB 120mAReg	支持	支持	支持	支持
以太网, 集成 1588	MII / RMII	MII / RMII	MII / RMII	MII / RMII
IEEE1588 定时器	1x4 通道, CLKIN	1x4 通道, CLKIN	1x4 通道, CLKIN	1x4 通道, CLKIN
人机界面				
段式 LCD	-	-	-	-
图形 LCD	-	-	-	-
TSI (电容触摸)	16 路输入	16 路输入	16 路输入	16 路输入
GPIO (集成中断)	100	100	100	100
工作特性				
5 V 容差	支持	支持	支持	支持
电压范围	1.71-3.6 V	1.71-3.6 V	1.71-3.6 V	1.71-3.6 V
Flash 写入电压	1.71 V	1.71 V	1.71 V	1.71 V
温度范围	-40 至 105 C	-40 至 105 C	-40 至 105 C	-40 至 105 C

### 4.4.3 K60 系列特性 ( 150MHz 性能 )

表 5. K60 150MHz 性能表

MC 器件型号	MK60FX512VLQ15(R)	MK60FN1M0VLQ15(R)	MK60FX512VMD15(R)	MK60FN1M0VMD15(R)
<b>整体</b>				
CPU 频率	150 MHz	150 MHz	150 MHz	150 MHz
引脚数	144	144	144	144
封装	LQFP	LQFP	MAPBGA	MAPBGA
<b>存储器 and 存储器接口</b>				
总 Flash 存储器	1MB	1MB	1MB	1MB
Flash	512KB	1MB	512KB	1MB
FlexNVM	512KB	-	512KB	-
EEPROM/FlexRAM	16KB	-	16KB	-
SRAM	128KB	128KB	128KB	128KB
串行编程接口	支持	支持	支持	支持
外部总线接口(FlexBus), 地址/数据/CS	32/32/6	32/32/6	32/32/6	32/32/6
非多路复用外部总线接口(Flexbus), 地址/数据/CS	30/16/6, 30/8/6	30/16/6, 30/8/6	30/16/6, 30/8/6	30/16/6, 30/8/6
DDR 控制器	-	-	-	-
NAND Flash 控制器	支持	支持	支持	支持
高速缓存	16KB	16KB	16KB	16KB
<b>内核模块</b>				
DSP	支持	支持	支持	支持
SPFPU	支持	支持	支持	支持
调试	JTAG, cJTAG, SWD	JTAG, cJTAG, SWD	JTAG, cJTAG, SWD	JTAG, cJTAG, SWD
跟踪	TPIU, FPB, DWT, ITM, ETM, ETB	TPIU, FPB, DWT, ITM, ETM, ETB	TPIU, FPB, DWT, ITM, ETM, ETB	TPIU, FPB, DWT, ITM, ETM, ETB
NMI	支持	支持	支持	支持
<b>系统模块</b>				
软件看门狗	支持	支持	支持	支持
硬件看门狗	支持	支持	支持	支持
PMC	支持	支持	支持	支持
MPU	支持	支持	支持	支持
DMA	32 通道	32 通道	32 通道	32 通道
<b>时钟模块</b>				
MCG	支持	支持	支持	支持

下一页继续介绍此表...



表 5. K60 150MHz 性能表 (继续)

MC 器件型号	MK60FX512VLQ15(R)	MK60FN1M0VLQ15(R)	MK60FX512VMD15(R)	MK60FN1M0VMD15(R)
OSC (32-40kHz/3-32MHz)	32-40kHz/ 8-32MHz	32-40kHz/ 8-32MHz	32-40kHz/ 8-32MHz	32-40kHz/ 8-32MHz
RTC (32KHz Osc, Vbat)	支持	支持	支持	支持
安全性和集成性				
硬件加密	支持	支持	支持	支持
篡改检测	-	-	-	-
CRC	支持	支持	支持	支持
模拟				
ADC0 (SE: 单端; DP: 差分对)	12 通道 SE + 3 通道 DP	12 通道 SE + 3 通道 DP	12 通道 SE + 3 通道 DP	12 通道 SE + 3 通道 DP
ADC1	18 通道 SE + 3 通道 DP	18 通道 SE + 3 通道 DP	18 通道 SE + 3 通道 DP	18 通道 SE + 3 通道 DP
ADC2	7 通道 SE + 2 通道 DP	7 通道 SE + 2 通道 DP	7 通道 SE + 2 通道 DP	7 通道 SE + 2 通道 DP
ADC3	8 通道 SE + 2 通道 DP	8 通道 SE + 2 通道 DP	8 通道 SE + 2 通道 DP	8 通道 SE + 2 通道 DP
ADC DP	4 通道	4 通道	4 通道	4 通道
ADC SE	48 通道	48 通道	48 通道	48 通道
PGA	4	4	4	4
12 位 DAC	2	2	2	2
模拟比较器	4	4	4	4
模拟比较器输入	5 / 2 / 2 / 5	5 / 2 / 2 / 5	5 / 2 / 2 / 5	5 / 2 / 2 / 5
OPAMP	-	-	-	-
TRIAMP	-	-	-	-
Vref	支持	支持	支持	支持
定时器				
电机控制/通用/PWM	2x8 通道	2x8 通道	2x8 通道	2x8 通道
四通道解码器/通用/PWM	2x2 通道	2x2 通道	2x2 通道	2x2 通道
FTM 外部时钟	2	2	2	2
低功耗定时器	1	1	1	1
PIT	1x4 通道	1x4 通道	1x4 通道	1x4 通道
PDB	1	1	1	1
CMT (载波调制发送器)	支持	支持	支持	支持
通信接口				
SDHC	8 位, CLKIN	8 位, CLKIN	8 位, CLKIN	8 位, CLKIN

下一页继续介绍此表...

**表 5. K60 150MHz 性能表 (继续)**

MC 器件型号	MK60FX512VLQ15(R)	MK60FN1M0VLQ15(R)	MK60FX512VMD15(R)	MK60FN1M0VMD15(R)
高波特率 UART, 集成 ISO7816	2	2	2	2
高波特率 UART	0	0	0	0
UART	4	4	4	4
每模块的 SPI 芯片选择	6 / 4 / 2	6 / 4 / 2	6 / 4 / 2	6 / 4 / 2
I2C	2	2	2	2
I2S	2	2	2	2
CAN	2	2	2	2
USB OTG LS/FS, 集成片上 xcvr	1	1	1	1
USB OTG HS	1	1	1	1
USB DCD	支持	支持	支持	支持
USB 120mAReg	支持	支持	支持	支持
以太网, 集成 1588	MII / RMII	MII / RMII	MII / RMII	MII / RMII
IEEE1588 定时器	1x4 通道, CLKIN	1x4 通道, CLKIN	1x4 通道, CLKIN	1x4 通道, CLKIN
人机界面				
段式 LCD	-	-	-	-
图形 LCD	-	-	-	-
TSI (电容触摸)	16 路输入	16 路输入	16 路输入	16 路输入
GPIO (集成中断)	100	100	100	100
工作特性				
5 V 容差	支持	支持	支持	支持
电压范围	1.71-3.6 V	1.71-3.6 V	1.71-3.6 V	1.71-3.6 V
Flash 写入电压	1.71 V	1.71 V	1.71 V	1.71 V
温度范围	-40 至 105 C	-40 至 105 C	-40 至 105 C	-40 至 105 C

## 4.5 各模块特性列表

下列章节描述该系列所有器件的总体特性。器件子系列之间的差异参见上一章节。

## 4.5.1 内核模块

### 4.5.1.1 ARM Cortex-M4 内核

- 支持高达 150 MHz 的频率(1.25 DMIPS/MHz)
- 基于 ARMv7 架构和 Thumb<sup>®</sup>-2 ISA 的 ARM 内核
- 微控制器内核专注于成本极为敏感、确定性的且由中断驱动的环境
- Harvard 总线架构
- 带分支预测的 3 级流水线
- 集成式总线矩阵
- 集成式数字信号处理器(DSP)
- 可配置嵌套向量中断控制器(NVIC)
- 高级可配置调试和跟踪元件
- 嵌入式跟踪宏单元(ETM)
- 可选单精度浮点单元(SFPFU)

### 4.5.1.2 嵌套向量中断控制器(NVIC)

- 与 Cortex-M4 内核的 Harvard 架构密切耦合实现低延迟中断处理
- 多达 120 个中断源
- 包含一个不可屏蔽中断
- 16 个优先级，每个中断源均可动态配置
- 支持更高优先级中断的中断嵌套
- 可重定位向量表

### 4.5.1.3 唤醒中断控制器(WIC)

- 在低功耗模式下，系统时钟禁用时支持中断处理
- NVIC 进入极深度睡眠时，WIC 被正确配置，接管并模仿 NVIC 行为
- 一旦检测到非屏蔽中断，不含优先级逻辑的基本中断屏蔽系统立即发出唤醒信号
- 不含编程人员的模型可见状态，因此对器件终端用户而言是不可见的，只能在睡眠时降低的功耗得知

### 4.5.1.4 调试控制器

- 串行线 JTAG 调试端口(SWJ-DP)结合了下列特性：
  - 外部接口，提供标准 JTAG 或 cJTAG 接口，供调试访问
  - 外部接口，提供串行线双向调试接口
- 具有下列功能的调试观察点和跟踪(DWT)：
  - 4 个比较器可配置为硬件观察点、ETM 触发器、PC 采样事件触发器或数据地址采样事件触发器
  - 多个计数器或一个数据匹配事件触发器用于性能分析
  - 可配置为以定义的时间间隔发送 PC 采样，或者发送中断事件信息
- 测量跟踪宏单元(ITM)具有下列功能：
  - 软件跟踪 - 直接写入 ITM 激励寄存器会发送数据包
  - 硬件跟踪 - DWT 产生的数据包通过 ITM 发送
  - 时间戳 - 发送相关数据包
- 嵌入式跟踪宏单元(ETM)支持指令跟踪
- CoreSight<sup>™</sup> 嵌入式跟踪缓存(ETB)是一个内存映射缓存，存储跟踪数据。允许采用标准 JTAG 工具重构程序流。
- 测试端口接口单元(TPIU)用作 ITM 或 ETM 与片外跟踪端口分析仪之间的桥梁
- Flash 补丁和断点(FPB)实现硬件断点，并为系统空间提供来自代码空间的补丁代码和数据

## 4.5.2 系统模块

### 4.5.2.1 电源管理控制单元(PMC)

- 独立的数字（调压）和模拟（相对于数字）电源输出
- 可编程节能模式
- 输出电源无需去耦电容
- 可通过 RTC 和外部输入从节能模式唤醒
- 集成式上电复位(POR)
- 带复位（掉电）功能的集成式低压检测(LVD)
- 可选 LVD 跳变点
- 可编程低压警报(LVW)中断能力
- 缓冲带隙参考电压输出
- 带隙和 LVD 经过工厂编程校准
- 1 kHz 低功耗振荡器(LPO)

### 4.5.2.2 DMA 通道多路复用器(DMA MUX)

- 16 个独立可选 DMA 通道路由器
- 提供 4 个周期触发器
- 每通道可分配 64 个可能的外设 DMA 源中的一个

### 4.5.2.3 DMA 控制器

- 多达 32 条完全可编程通道，具有 32 字节传输控制描述符
- 8/16/32/128 位数据值可通过双地址传输移动
- 可编程源、目标地址、传输大小、支持增强型寻址模式
- 每通道的一次请求和一次中断支持主要和辅助嵌套计数器
- 支持通道间连接和分散/加载，以固定优先级和轮询通道仲裁连续传输

### 4.5.2.4 看门狗定时器(WDOG)

- 独立、可配置的时钟源输入
- 带有解锁序列的写一次有效控制位
- 可编程超时周期
- 可测试看门狗定时器并复位
- 窗口刷新选项
- 稳定的刷新机制
- 两次上电复位之间的看门狗复位累积次数
- 可配置的超时中断

### 4.5.2.5 外部看门狗监控器(EWM)

- 独立的 1 kHz LPO 时钟源
- CPU 或外部输入信号可以通过输出信号来控制外部电路

## 4.5.2.6 系统时钟

- 锁频环(FLL)
  - 数控振荡器(DCO)
  - DCO 频率范围可编程
  - 可通过 32,768 Hz 外部参考时钟来编程 DCO 频率
  - 内部或外部参考时钟可用于控制 FLL
  - 使用 32 kHz 内部参考时钟时具有 0.2%分辨率
  - 使用内部 32 kHz 参考时钟时，在电压和温度范围内具有 2%偏差，而在受限温度范围内（0°C 至 70°C）具有 1%偏差
- 锁相环(PLL)
  - 压控振荡器(VCO)
  - 外部参考时钟用于控制 PLL
  - Modulo VCO 分频器鉴频鉴相器
  - 集成环路滤波器
- 内部参考时钟发生器
  - 慢时钟具有 9 个调整位，用于提高精度
  - 快时钟具有 4 个调整位
  - 可用来控制 FLL
  - 慢时钟或快时钟均可选择作为 MCU 时钟源
  - 可用作其他片上外设的时钟源
- 外部时钟来源于晶振(XOSC)
  - 可用来控制 FLL 和/或 PLL
  - 可选择作为 MCU 的时钟源
- 具有复位请求能力的外部时钟监控器
- 锁定检测器具有中断请求能力，以便与 PLL 一同使用
- 自动调整机(ATM)用来调整内部慢速和快速参考时钟
- 多个时钟源可供大多数外设选择

## 4.5.3 存储器 and 存储器接口

### 4.5.3.1 片上存储器

- 100 MHz 器件性能
  - 高达 512 KB 程序 Flash 存储器
  - Flexmemory 区块集成高达 256 KB FlexNVM 和 4 KB FlexRAM，具有高达 4 KB EEPROM 能力
  - 高达 128 KB SRAM
- 120 MHz 器件性能
  - 高达 1024 KB 程序 Flash 存储器
  - Flexmemory 区块集成高达 512 KB FlexNVM 和 16 KB FlexRAM，具有高达 16 KB EEPROM 能力
  - 高达 128 KB SRAM
  - 16 KB 高速缓存
- 150 MHz 器件性能
  - 高达 1024 KB 程序 Flash 存储器
  - Flexmemory 区块集成高达 512 KB FlexNVM 和 16 KB FlexRAM，具有高达 16KB EEPROM 能力
  - 高达 128KB SRAM
  - 16KB 高速缓存
- 安全电路可防止针对 RAM 和 Flash 内容的未授权访问

### 4.5.3.2 外部总线接口(FlexBus)

- 六个独立、用户可编程片选信号，能与外部 SRAM、PROM、EPROM、EEPROM、Flash 和其他外设相连接
- 支持高达 2 GB 可寻址空间
- 可配置为 8/16/32 位宽的多路复用或非多路复用地址和数据总线
- 字节/字/长字和 16 字节行缓存传输
- 片选有效具有可编程寻址建立时间
- 片选失效和传输方向具有可编程寻址保持时间

### 4.5.3.3 串行编程接口(EzPort)

- 与工业标准 SPI Flash 存储器命令集及其子集相同的串行接口
- 可读取、擦除、编程 Flash 存储器
- Flash 编程后可发送复位命令以启动系统

### 4.5.3.4 DDR 控制器

- 支持与 LPDDR、DDR 和 DDR2 DRAM 器件的无缝接口
- 支持 16 位固定存储器端口宽度
- 16 字节关键字优先突发传输
- 多达 16 条行地址和 16 条列地址，2 位群组地址，以及最多两个芯片片选
- 支持高达 256 MB 存储器；存储器配置最小值为 8
- 支持页面模式，最大程度提高数据速率
- 支持睡眠模式和自刷新模式

### 4.5.3.5 NAND Flash 控制器

- 8/16 位 NAND Flash 接口
- 9 KB RAM 缓存
- 支持全部 NAND Flash 产品，无论采用哪种密度或结构
- 支持 Flash 设备命令
- 集成式 DMA 引擎
- 两个可配置 DMA 通道
- 可选 ECC 模式支持 4/6/8/12/16/24/32 位纠错
- 无需额外控制即可从页面尺寸大于等于 2KB 的 Flash (x8)启动

## 4.5.4 安全性和完整性

### 4.5.4.1 循环冗余校验(CRC)

- 硬件 CRC 发生器电路采用 16/32 位移位寄存器
- 用户可配置 16/32 位 CRC
- 可编程多项式发生器
- 提供错误检测，可检测所有单位错误、双位错误、奇数位错误和大部分多位错误
- 可编程初始化种子值
- 高速 CRC 计算
- 提供可选功能，可通过转置寄存器转置输入数据和 CRC 结果；在字节为 LSB 格式的应用中需要使用该功能

#### 4.5.4.2 硬件加密提速单元(CAU)

- 支持 DES、3DES、AES、MD5、SHA-1 和 SHA-256 算法
- 简单的 C 语言调用，以便优化 Freescale 提供的安全功能

#### 4.5.4.3 随机数发生器(RNG)

- 支持数字签名标准中定义的密钥生成算法
  - <http://www.itl.nist.gov/fipspubs/fip186.htm>
- 集成式熵源可提供含熵 PRNG 作为其种子

#### 4.5.4.4 篡改检测

- 模拟篡改检测（电压、温度和时钟）
- 外部篡改检测
- 有源金属丝网篡改检测
- 内部篡改检测（Flash 安全性和安全 SRAM）
- 寄存器锁定、篡改使能和模拟调整配置位
- 额外支持自动补偿的安全 RTC
- 32 位单调计数器
- 256 位安全存储器（检测到篡改后可异步擦除）
- 32 位至 256 位通用存储器（不擦除）
- 单个备用电源
- 电压监控器
  - 低电平有效使能（禁用时具有最小泄露功率）
  - 电压低于 1.5 V 至 1.62 V 或高于 3.6 V 至 4 V 时，输出低电平有效
- 温度监控器
  - 低电平有效使能（禁用时具有最小泄露功率）
  - 温度低于 -50C 至 -100C 或高于 125C 至 175C 时，输出低电平有效
- 时钟监控器
  - 低电平有效使能（禁用时具有最小泄露功率）
  - 时钟频率低于约 16 kHz 或高于约 1 MHz 时，输出低电平有效

### 4.5.5 模拟

#### 4.5.5.1 16 位模数转换器(ADC)

- 高达 16 位分辨率的线性逐次逼近算法
- 输出模式：
  - 差分 16 位、13 位、11 位和 9 位模式，采用二进制补码 16 位符号扩展格式
  - 单端 16 位、12 位、10 位和 8 位模式，采用右对齐无符号格式
- 单次或连续转换
- 可配置采样时间和转换速度/功率
- 转换结束和硬件求均值结束标志与中断
- 可从多达 4 个源选择输入时钟
- 低功耗模式工作时具有更低的噪声
- 异步时钟源用于更低噪声工作，并提供时钟输出选项
- 可选异步硬件转换触发器，提供硬件通道选择
- 多种可编程数值可自动比较并产生中断

- 温度传感器
- 硬件求均值功能
- 可选基准电压源
- 自校准模式

### 4.5.5.2 高速模拟比较器(CMP)

- 6 位 DAC 可编程基准电压发生器输出
- 高达 8 个可选比较器输入；每个输入能采用任意极性序列与所有输入进行比较
- 比较器输出可选择为上升沿，下降沿或上升沿/下降沿中断
- 比较器输出支持：
  - 采样
    - 窗口（适用于某些 PWM 过零检测应用）
    - 使用外部采样信号或调节外设时钟进行数字滤波
- 两种高性能模式：
  - 较短的传播延迟，但功耗较高
  - 低功耗，但传播延迟大
- 可在所有 MCU 功率模式下工作

### 4.5.5.3 12 位数模转换器(DAC)

- 12 位分辨率
- 保证输入字具有 6-Sigma 单调性
- 高速-低速转换
  - 高速转换速率为 1  $\mu$ s，低速为 2  $\mu$ s
- 节电模式
- 可选异步或同步更新
- 自动模式允许 DAC 产生其自身的输出波形，包括方波、三角波和锯齿波
- 自动模式允许可编程周期、更新速率和范围
- DMA 支持可配置水印等级

### 4.5.5.4 基准电压源(VREF)

- 可编程调整寄存器，步进为 0.5 mV，复位时自动载入室温下的电压值
- 可编程模式选择：
  - 关
  - 带隙输出（或稳定延迟）
  - 低功耗缓冲器模式
  - 紧凑型调压缓冲器模式
- 室温下输出为 1.2 V
- 专用输出引脚

## 4.5.6 定时器

### 4.5.6.1 可编程延迟区块(PDB)

- 多达 15 个触发输入源和软件触发源
- 多达 8 个可配置 PDB 通道，用于 ADC 硬件触发
  - 一个 PDB 通道关联一个 ADC。



- 每个 PDB 拥有有多达 8 个预触发输出，每个预触发输出用于 ADC 硬件触发
- 触发输出可单独使能或禁用
- 每个预触发输出具有一个 16 位延迟寄存器
- 可旁路预触发输出的延迟寄存器
- 能工作在单次采样模式或连续采样模式下
- 可选背靠背工作模式，使能 ADC 转换完成后触发下一个 PDB 通道
- 一个可编程延迟中断
- 一个序列错误中断
- 每个预触发都有一个通道标志和一个序列错误标志
- 支持 DMA
- 多达 8 个 DAC 间隔触发
  - 每个 DAC 都有一个间隔触发输出
  - 每个 DAC 触发输出都有一个 16 位延迟间隔寄存器
  - 可选的旁路延迟间隔触发寄存器
  - 可选外部触发
- 多达 8 个脉冲输出(pulse-out)
  - 可单独使能或禁用 Pulse-out。
  - 可编程脉冲宽度

#### 4.5.6.2 FlexTimer (FTM)

- 可选 FTM 时钟源
- 可编程预分频器
- 16 位计数器支持自由运行或初始值/最终值，可向上计数或上-下计数
- 输入捕捉、输出比较、边沿对齐、中心对齐 PWM 模式
- 输入捕捉和输出比较模式
- FTM 通道可配置成输出是一样的，输出是互补的成对输出或独立的通道独立的输出
- 每个互补对可插入死区时间
- 产生硬件触发
- 软件控制 PWM 输出
- 多达 4 路故障输入用于全局故障控制
- 可配置通道极性
- 输入捕捉、基准电压比较、计数器溢出或检测到故障条件时具有可编程中断
- 正交解码器集成输入滤波器、相对位置计数和针对外部事件的位置计数中断或位置计数捕捉
- DMA 支持 FTM 事件
- 全局时基模式可在多个 FTM 实例间共享单个时基

#### 4.5.6.3 可编程中断定时器(PIT)

- 多达 4 个通用中断定时器
- 多达 4 个中断定时器，用于触发 ADC 转换
- 32 位计数器分辨率
- 时钟采用系统时钟频率
- 支持 DMA

#### 4.5.6.4 低功耗定时器

- 用作定时器或脉冲计数器
- 可供预分频器/毛刺滤波器选择的时钟
  - 1 kHz 内部 LPO
  - 外部低功耗晶振

- 内部参考时钟（无法在低漏功率模式下使用）
- 辅助外部参考时钟（如 32 kHz 晶体）
- 可配置毛刺滤波器或预分频器
- 定时器比较后产生中断
- 定时器比较后产生硬件触发

#### 4.5.6.5 载波调制器定时器(CMT)

- 四种工作模式
  - 时间模式，可独立控制高电平和低电平时间
  - 基带模式
  - 频移键控(FSK)模式
  - 软件直接控制 CMT\_IRO 信号
- 时间模式、基带模式和 FSK 模式下具有扩展空间
- 可选输入时钟分频器
- 循环结束时中断
- 可禁用 CMT\_IRO 信号并用作定时器中断

#### 4.5.6.6 实时时钟(RTC)

- 独立电源、POR 和 32 kHz 晶振
- 带 32 位警报的 32 位读秒计数器
  - 检测到篡改时可失效
- 带补偿功能的 16 位预分频器
- 寄存器写保护
  - 硬锁定要求 VBAT POR 以便使能写访问
  - 软锁定要求系统复位以便使能读/写访问

### 4.5.7 通信接口

#### 4.5.7.1 10/100Mbps 以太网 MAC

- 具有 10/100 BaseT/TX 能力的以太网控制器；半双工或全双工
  - 硬件支持 IEEE 标准：用于联网测量和控制系统的精密时钟同步协议，IEEE 1588
  - 支持媒体独立接口(MII)和简化媒体独立接口(RMII)
- 内置统一的 DMA
  - 片上集成发送和接收 FIFO
  - 支持传统缓存描述符编程模型和功能
  - 针对最新的以太网功能提供增强型缓存描述符编程模型
- 支持通过魔法报文从低功耗模式唤醒
- 用于时间戳时钟的多时钟源选项

#### 4.5.7.2 USB On-The-Go 模块(FS/LS)

- 符合 USB 规范（版本 2.0）
- USB 主机模式
  - 支持增强型主机控制器接口(EHCI)
  - 可直连 FS/LS 器件，无需 OHCI/UHCI 配套控制器
  - 支持 Linux 和其他商用操作系统
- USB 设备模式

- 采用片上收发器可全速工作
- 支持一个面向上游的端口
- 支持四个可编程、双向 USB 端点，包括端点 0
- 挂起模式/低功耗
  - 主机固件可挂起单个设备或整个 USB 端口，并禁用芯片时钟，以实现低功耗操作
  - 设备支持低功耗挂起
  - 主机和设备支持远程唤醒
  - 集成处理器的低功耗模式
- 集成片上全速(12 Mbps)和低速(1.5 Mbps)收发器

### 4.5.7.3 USB 设备充电器检测(USBDCD)

- 兼容采用下列电源的系统：
  - 可充电电池
  - 不可充电电池
  - USB 供电型外部 3.3 V LDO 稳压器，或
  - 采用内部稳压器的 USB 直连系统
- 灵活的可编程事件定时器，更好地兼容未来的标准更新
- 符合最新的工业标准规范、USB 电池充电规范（修订版 1.1）

### 4.5.7.4 USB 稳压器

- 通常由 USB VBUS 电源提供的 5 V 稳压器输入
- 3.3 V 稳压输出为片上 USB 收发器供电
- 稳压器输出引脚可为外部电路板元件供电，电流最高为 120 mA
- 节省外部 LDO 成本
- 3.3 V 稳压输出可为 MCU 主电源供电

### 4.5.7.5 USB On-The-Go 模块(HS/FS/LS)

- 符合 USB 规范（版本 2.0）
- USB 主机模式
  - 支持增强型主机控制器接口(EHCI)
  - 通过外部 ULPI 收发器进行 HS/FS/LS 操作
  - 支持 Linux 和其他商用操作系统
- USB 设备模式
  - 通过外部 ULPI 收发器进行 HS/FS 操作
  - 支持一个面向上游的端口
  - 支持四个可编程、双向 USB 端点，包括端点 0
- 挂起模式/低功耗
  - 主机固件可挂起单个设备或整个 USB 端口，并禁用芯片时钟，以实现低功耗操作
  - 设备支持低功耗挂起
  - 主机和设备支持远程唤醒
  - 集成处理器的低功耗模式
- 支持片外 HS/FS/LS 收发器
  - 主机模式下，外部 ULPI 收发器支持高速(480 Mbps)、全速和低速工作；设备模式下，支持高速和全速工作
  - 接口使用 8 位单一数据速率 ULPI 数据总线
  - ULPI 物理层为处理器提供 60 MHz USB 参考时钟输入

### 4.5.7.6 CAN 模块

- 完全支持 CAN 规范 CAN 规范（版本 2.0, B 部分）
  - 标准数据和远程帧（长达 109 位）
  - 扩展数据和远程帧（长达 127 位）
  - 数据长度：0–8 字节
  - 可编程位速率高达 1 Mb/s
  - 内容相关寻址
- 灵活的消息缓冲器(MB)，总共多达 16 个消息缓存，每个数据长度为 0–8 字节，配置为 Rx 或 Tx，全部支持标准和扩展消息
- 提供只监听模式
- 每个消息缓存具有独立的屏蔽寄存器
- 可编程优先发送方案：最低 ID 或最少缓存数
- 时间戳基于 16 位自由运行定时器
- 全局网络时间，通过特定消息同步

#### 4.5.7.7 串行外设接口(SPI)

- 主机和从机模式
- 全双工、三线式同步传输
- 可编程发送位速率
- 双缓存发送和接收数据寄存器
- 串行时钟相位和极性选项
- 从机选择输出
- 具有 CPU 中断能力的模式故障错误标志
- 等待模式中可控制 SPI 操作
- 可选 MSB 优先或 LSB 优先移位
- 可编程 8 位或 16 位数据发送长度
- 接收数据缓存硬件匹配特性
- 64 位 FIFO 模式可高速传输大量数据
- DMA 支持发送和接收

#### 4.5.7.8 内部集成电路(I<sup>2</sup>C)

- 兼容 I<sup>2</sup>C 总线标准和 SMBus 规范（版本 2）特性
- 总线负载最高时速率高达 100 kbps
- 多主机操作
- 软件可编程为 64 种不同串行时钟频率中的一种
- 可编程从机地址和毛刺输入滤波器
- 中断或 DMA 驱动逐字节数据传输
- 仲裁丢失中断，可从主机模式自动切换到从机模式
- 调用地址识别中断
- 总线繁忙检测广播和 10 位地址扩展
- 处理器处于低功耗模式时，地址匹配可引起唤醒

#### 4.5.7.9 UART

- 支持 ISO 7816 协议，能与智能卡对接
- 全双工操作
- 标准标记/空间不归零(NRZ)格式
- 带小数 32 分频的 13 位波特率选择
- 可编程 8 位或 9 位数据格式
- 单独使能发送器和接收器
- 可编程发送器输出极性
- 可编程接收器输入极性

- 13 位中止字符选项
- 11 位中止字符检测选项
- 每次发送和接收都有一个数据字的参数缓冲器
- 针对发送和接收提供独立的 FIFO 结构
- 两种接收器唤醒方式：
  - 空闲线路唤醒
  - 地址标记唤醒
- 接收器地址匹配功能可减少地址标记唤醒的 ISR 开销
- 中断或 DMA 驱动操作
- 接收器帧错误检测
- 硬件奇偶校验的生成与检查
- 1/16 位时间噪声检测

#### 4.5.7.10 安全数字主机控制器(SDHC)

- 与下列规范兼容：
  - SD 主机控制器标准规范, 版本 2.0 (<http://www.sdcard.org>) 支持测试事件寄存器和高级 DMA
  - MultiMediaCard 系统规范, 版本 4.2 (<http://www.mmca.org>)
  - SD 存储卡规范, 版本 2.0 (<http://www.sdcard.org>), 支持大容量 SD 存储卡
  - SDIO 卡规范, 版本 2.0 (<http://www.sdcard.org>)
  - CE-ATA 卡规范, 版本 1.0 (<http://www.sdcard.org>)
- 设计用于 CE-ATA、SD 存储卡、miniSD 存储卡、SDIO、miniSDIO、SD Combo、MMC、MMCplus 和 RS-MMC 卡
- SD 总线时钟频率最高 50 MHz
- 支持 1/4 位 SD 和 SDIO 模式、1/4/8 位 MMC 模式、1/4/8 位 CE-ATA 设备
- SD/SDIO 卡最高 200 Mbps 数据传输速率, 使用 4 条并行数据线路
- MMC 最高 416 Mbps 数据传输速率, 使用 8 条并行数据线路
- 单块和多块读取与写入
- 1-4096 字节块大小
- 写操作具有写保护开关
- 同步和异步中止
- 数据传输期间可在块隙暂停
- SDIO 读取等待和挂起/恢复操作
- 针对多块传输具有自动 CMD12 功能
- 主机可在数据传输期间发出非数据传输命令
- 允许卡以 1 位和 4 位 SDIO 模式中主机
- 支持中断期间, 在 SDIO 标准中定义
- 针对读/写数据提供完全可配置 128 x 32 位 FIFO
- 内部 DMA 能力
- 通过配置特定供应商的寄存器位支持电压选择
- 支持高级 DMA, 可执行链接存储器访问

#### 4.5.7.11 同步串行接口(I2S)

- 独立(异步)或共享(同步)发送和接收部分, 带独立或共享内部/外部时钟和帧同步, 工作在主机或从机模式下, 支持音频
- 主机或从机工作模式
- 使用帧同步的正常工作模式
- 网络工作模式允许多个器件共享端口, 最多 32 个时间槽
- 可编程数据接口模式, 如 I<sup>2</sup>S、LSB 对齐和 MSB 对齐
- 可编程字长(8、10、12、16、18、20、22 或 24 位)
- 支持 AC97

## 4.5.8 人机界面

### 4.5.8.1 通用输入/输出(GPIO)

- 所有输入引脚都具有可编程毛刺滤波器和可供选择极性的中断
- 迟滞和所有输入引脚上的上拉/下拉器件可配置
- 所有输出引脚上的压摆率和驱动强度可配置
- 独立的引脚数值寄存器可读取数值引脚上的逻辑电平
- 可选器件具有 5 V 容差

### 4.5.8.2 触摸感应器输入(TSI)

- 16 通道输入，支持最多 16 个独立的触摸按钮
- 4 个触摸按钮可组成一个滑块
- 可配置按钮和滑块敏感型中断
- 采用低功耗模式工作时，允许通过单次触摸从最低的功耗模式唤醒
- 提供内部参考时钟选项

## 5 电源模式

电源管理控制器 (PMC) 为用户提供了多个电源模式，全部有 10 种不同的模式，用户可以根据不同的需求选择不同的模式以此来降低功耗。

根据用户应用停止的需要，各停止模式提供了状态保持，对某些逻辑和/或存储器的部分断电或者完全断电。在所有操作模式中都保持 I/O 的状态。下表描述的是各种电源模式的比较情况。

每种运行模式都有相对应的等待和停止模式。等待模式和 ARM 的睡眠模式相似。停止模式 (VLPS、STOP) 和 ARM 的深度睡眠模式相似。如果应用需求不需要最大总线频率，而采用极低功耗运行 (VLPR) 模式，这样可以大大减少运行时的功耗。

三种主要操作模式分别为：运行、等待和停止模式。通过使用 WFI 指令，可以使芯片进入等待或停止模式。根据应用需要，主要模式扩展了许多方式来实现低功耗。

表 6. 片上电源模式

芯片模式	说明	内核模式	普通唤醒方式
正常运行	可实现芯片性能的最大化。复位后进入默认模式；片上稳压器被开启。	运行	-
正常等待 —— 使用 WFI 指令	既能够使外设继续操作，又能够使内核进入睡眠模式，从而降低了电源功耗。NVIC 可以检测中断情况；持续给外设提供时钟脉冲。	睡眠模式	中断
正常停止 —— 使用 WFI 指令	芯片处于静态状态。最低功耗模式保留所有寄存器并同时保持 LVD 保护。禁止 NVIC；使用 AWIC 进行中断唤醒；停止外设时钟。	深度睡眠	中断
VLPR (超低功耗运行)	片上稳压器处于低功耗模式时，只提供足够的电源，并且使用较低的频率运行芯片。访问 Flash 限制在 1MHz 之内；LVD 关闭；内部振荡器为内核、总线和外设时钟提供 24 MHz 的低功耗时钟源。	运行	中断
VLPW (超低功耗等待) —— 使用 WFI 指令	与 VLPR 相似，只是内核处于睡眠模式，从而能够进一步降低功耗，NVIC 可以检测中断 (FCLK = ON)。片上稳压器处于低功耗模式时只提供了足够的电源，并且使用较低的频率运行芯片。	睡眠模式	中断

下一页继续介绍此表...

**表 6. 片上电源模式 (继续)**

芯片模式	说明	内核模式	普通唤醒方式
VLPS (超低功耗停止)——通过使用 WFI 指令	芯片处于静止状态, LVD 操作被关闭。最低功耗模式, 其中 ADC 和引脚中断有效。外设时钟被停止, 但是仍然可以使用 LPTimer、RTC、CMP、TSI 以及 DAC。禁止 NVIC(FCLK = OFF); AWIC 可用于中断唤醒。片上稳压器处于低功耗模式时只提供了足够的电源, 并且使用较低的频率运行芯片。所有的 SRAM 处于运行状态 (保持存储器中的内容和 I/O 状态)。	深度睡眠	中断
LLS (低漏停止)	状态保持电源模式。大多数外设处于状态保持模式(禁止时钟), 但仍可以使用 LLWU、LPTimer、RTC、CMP、TSI 以及 DAC。禁止 NVIC; 通过 LLWU 进行唤醒。  注: 中断控制器不能屏蔽掉 LLWU 中断, 这样可以避免系统在某个 LLS 唤醒过程中未完全退出停止模式的情况发生。 所有 SRAM 处于运行状态 (保持它们里面的内容和 I/O 状态)。	深度睡眠	唤醒中断 <sup>1</sup>
VLLS3 (超低漏停止 3)	大多数外设被禁止(禁止时钟), 但仍可以使用 LLWU、LPTimer、RTC、CMP、TSI 以及 DAC。禁止 NVIC; 通过 LLWU 进行唤醒。  SRAM_U 和 SRAM_L 保持为上电状态(保持它们的内容和 I/O 状态)。	深度睡眠	唤醒复位 <sup>2</sup>
VLLS2 (超低漏停止 2)	大多数外设被禁止(禁止时钟), 但仍可以使用 LLWU、LPTimer、RTC、CMP、TSI 以及 DAC。禁止 NVIC; 通过 LLWU 进行唤醒。  SRAM_L 被断电。SRAM_U 的一部分保持为上电状态(保持其内容和 I/O 状态)。	深度睡眠	唤醒复位 <sup>2</sup>
VLLS1 (超低漏停止 1)	大多数外设被禁止(禁止时钟), 但仍可以使用 LLWU、LPTimer、RTC、CMP、TSI 以及 DAC。禁止 NVIC; 通过 LLWU 进行唤醒。  所有 SRAM_U 和 SRAM_L 被断电。用于存储客户重要数据的 32 位系统寄存器文件和 32 位 VBAT 寄存器文件仍被上电。	深度睡眠	唤醒复位 <sup>2</sup>
BAT (备用电池)	芯片被断电, 只通过 VBAT 电源供电。RTC 和用于存储客户重要数据的 32 位 VBAT 寄存器文件仍被上电。	无效	上电序列

1. 通过执行 LLWU 中断服务例程, 可以恢复正常运行模式。
2. 遵循复位流程, 设置 NVIC 上的 LLWU 中断标志。

## 6 开发者环境

Freescale 的产品由广泛而成熟的网络工具、第三方开发者和软件供应商提供支持。Kinetis 系列产品利用了这些优势和类似的开发资源。

### 6.1 Freescale 塔式系统支持

Freescale 塔式系统是一款针对 8 位、16 位和 32 位微控制器的模块化开发平台, 通过快速原型设计实现高级开发。塔式系统集成多个开发板或模块, 为设计人员提供从入门级到高级微控制器开发的构件块。

## Freescal塔式系

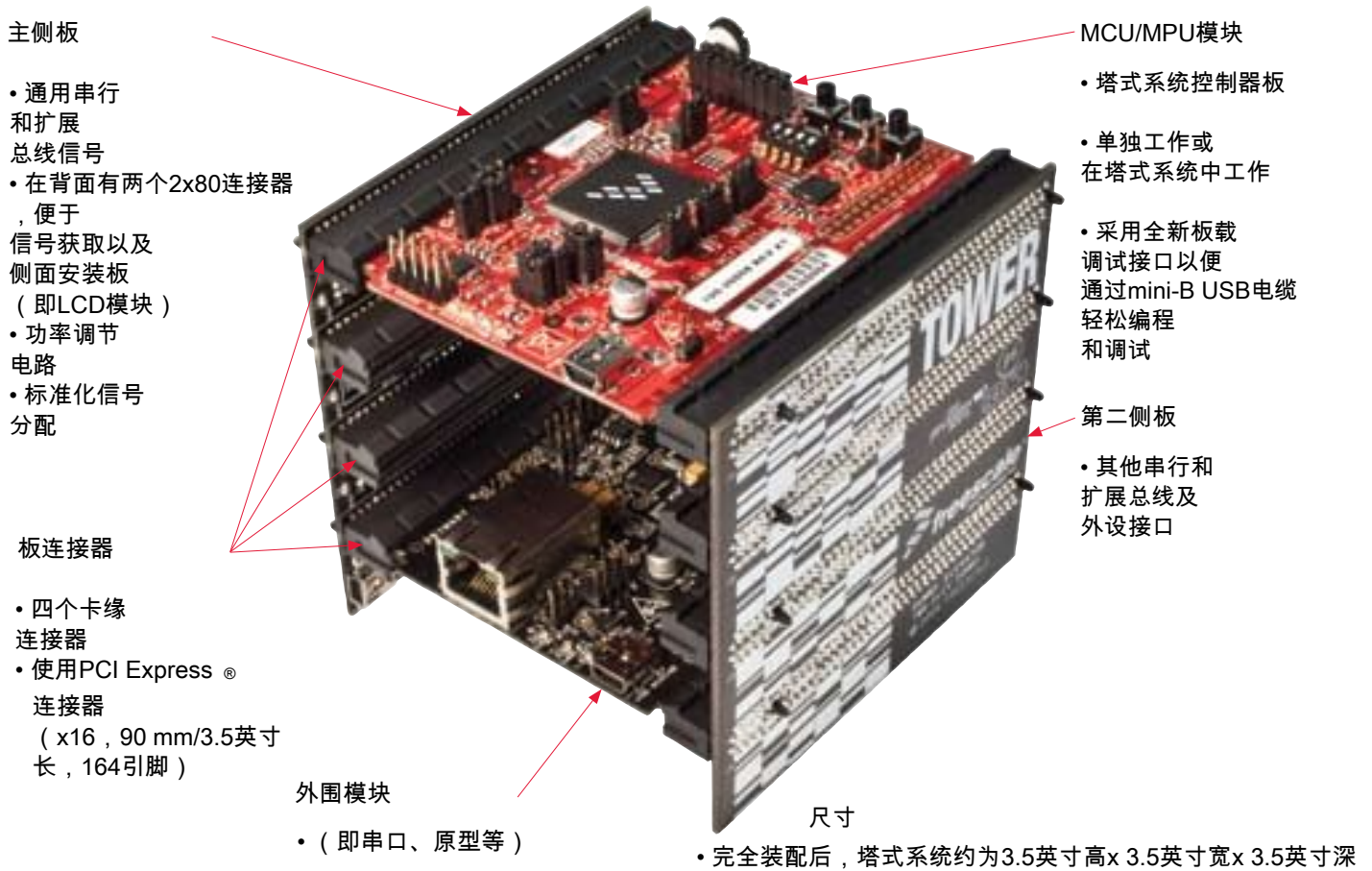


图 4. Freescale 塔式系统

下列塔式系统模块可用于 Kinetis 产品系列。更多有关塔式系统的信息，请参考：<http://www.freescale.com/tower>。

表 7. 用于 Kinetis MCU 系列的塔式系统模块

微控制器模块	特性
Kinetis K40 系列 MCU 模块	K40 系列 512 KB Flash MCU 采用 144 MAPBGA 封装 板载 JTAG 调试接口 提供全功能支持，包括段式 LCD 和 USB
Kinetis K60 系列 MCU 模块	K60 系列 512 KB Flash MCU 采用 144 MAPBGA 封装 板载 JTAG 调试接口 提供全功能支持，包括以太网和 USB
Kinetis K53 系列 MCU 模块	K53 系列 512 KB Flash MCU 采用 144 MAPBGA 封装 板载 JTAG 调试接口 提供全功能支持，包括以太网、USB、段式 LCD (TWRPI)和医疗扩展连接器



## 6.2 CodeWarrior Development Studio

Freescale CodeWarrior Development Studio for Microcontrollers (版本 10.x) 基于 Eclipse 开放式开发平台, 集 RS08、HCS08、ARM 和 ColdFire 架构开发工具于一身。Eclipse 提供构建软件开发环境的出色框架, 并正在成为很多嵌入式软件供应商的标准框架。

- Eclipse IDE 3.4
- 采用针对 RS08、HCS08、ARM 和 ColdFire 处理器优化的 C/C++ 编译器构建系统
- 扩展了 Eclipse C/C++ Development Tools (CDT), 提供丰富的特性来排查并修复嵌入式应用的故障

**表 8. CodeWarrior 10.x 差异化特性**

差异化特性	客户优势	详情
MCU 变更向导	可轻松将项目重新定位至新处理器	只需选择一款新的器件 (相同或不同架构均可), 然后选择默认连接, 之后 CodeWarrior 工具套件将自动根据新器件采用正确的构建工具和支持文件重新配置项目。 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 编译器</li> <li>• 汇编器</li> <li>• 链接器</li> <li>• 头文件</li> <li>• 向量表</li> <li>• 库</li> <li>• 链接配置文件</li> </ul>
Freescale Processor Expert	硬件层的问题可在初始设计阶段解决	易于使用、基于组件的应用创建与专业的系统知识相结合。 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 嵌入式组件集 CPU、片上外设、外部外设和软件功能于一身</li> <li>• 通过修改组件的属性、方式和事件, 可定制所有组件的功能, 满足应用要求</li> <li>• 创建项目后, Processor Expert 自动生成经过高度优化的嵌入式 C 语言代码, 并将源文件植入项目中</li> <li>• 图形用户界面: 允许根据所需功能指定应用</li> <li>• 自动代码生成器: 创建经过测试并优化的 C 语言代码; 代码根据应用需求和所选 Freescale 器件进行调整</li> <li>• 内置知识库: 即时标志资源冲突和错误设置, 以便在设计周期的前期阶段发现错误</li> <li>• 组件向导: 允许创建用户专用、独立于硬件的嵌入式组件</li> </ul>
支持跟踪并记录片上跟踪缓存	无需额外硬件支持的丰富的仿真器调试能力	CodeWarrior 记录和分析工具提供处理器运行应用的查看能力, 从而发现操作故障。 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 支持片上跟踪缓存架构 (HCS08、V1 ColdFire、ARM)</li> <li>• 允许设置跟踪点, 使能或禁用跟踪输出</li> <li>• 跟踪数据和相应的源代码可逐一同步</li> <li>• 允许将跟踪数据导出至 Microsoft® Excel® 文件</li> </ul>

更多信息, 请参见 CodeWarrior 网站: <http://www.freescale.com/codewarrior>。

## 6.3 Freescale MQX™ 软件解决方案

工业应用不断增加的复杂程度以及半导体产品不断丰富功能迫使嵌入式系统开发人员转而采用硬件和软件相结合的成熟平台。这些解决方案有助于加快产品上市时间, 增加应用开发的成功率。

Freescale 面向 ARM、ColdFire 和 ColdFire+ MCU 客户推出 MQX 实时操作系统 (RTOS), 内含 TCP/IP 和 USB 软件协议栈以及外设驱动程序, 不收取额外的费用。Freescale 的 MQX 软件解决方案结合 Freescale 的芯片产品系列, 是您硬件、软件、工具与服务的全方位来源。

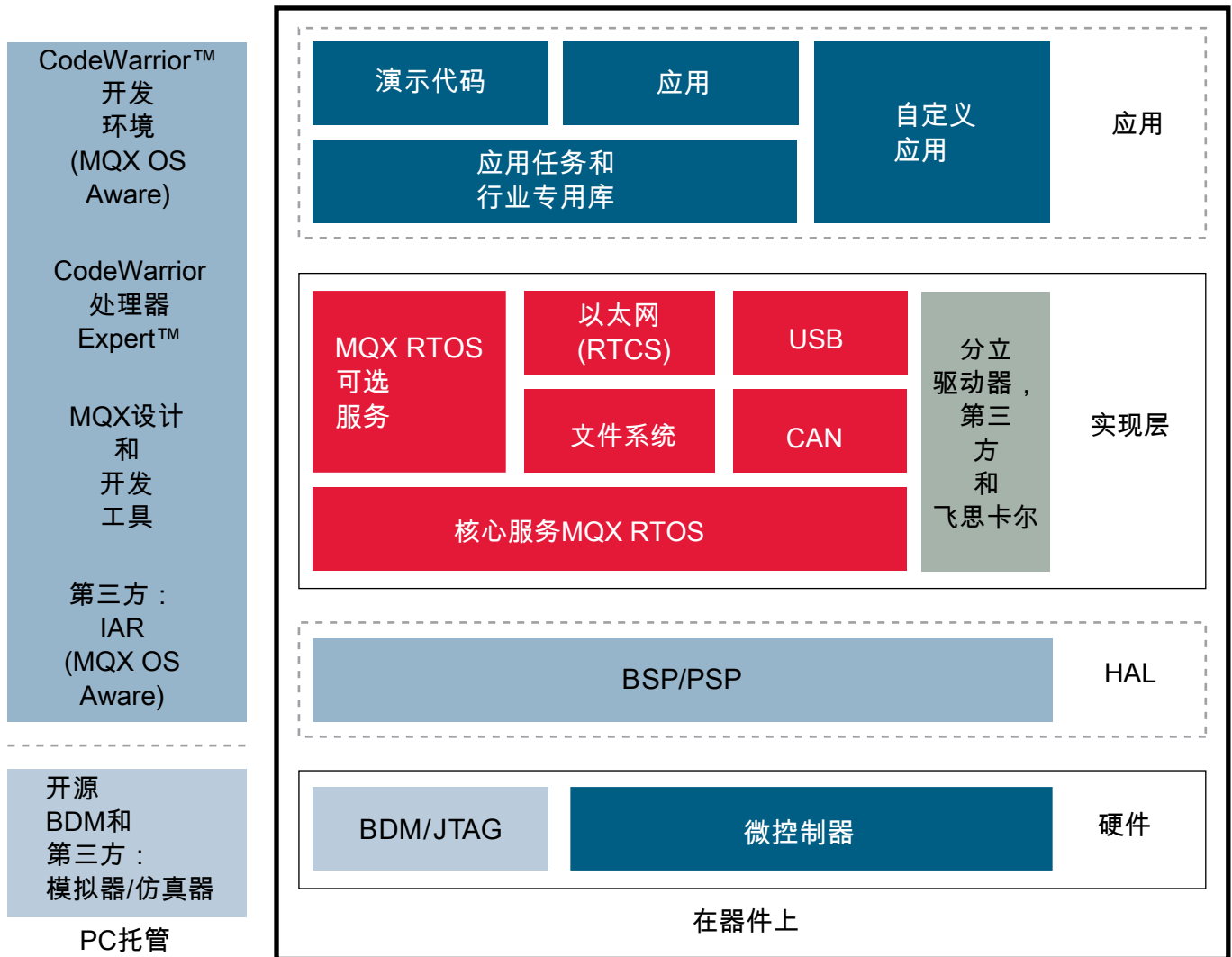


图 5. MQX 全方位解决方案

Freescale MQX RTOS 的重要优势有：

- 内存占用量少：RTOS 针对嵌入式系统的速度和尺寸效率而设计。它具有真正的实时性能，提供上下文切换和低级中断例程，汇编时还进行了人工优化。
- 基于组件的架构：提供全功能 RTOS 内核，具有额外的、可选的服务。Freescale MQX RTOS 包含 25 个组件（8 个核心组件和 17 个可选组件）。组件仅在需要时进行链接，防止不需要的功能占据内存空间。
- 全功能组件和精简组件：全功能版本和精简版本均包含关键组件，进一步控制软件大小、RAM/ROM 利用率和性能。
- 实时、基于优先级、抢占式多线程：允许高优先级的线程始终满足最后期限要求，无论此时有多少其他线程竞争 CPU 时间。
- 调度：将开发人员从创建或维护高效调度系统和中断处理任务的负担中解放出来，加快开发周期。
- 代码重复使用：提供简单、直观的 API 框架，建立并组织 Freescale 嵌入式处理器产品系列所提供的丰富功能。
- 快速启动序列：确保硬件复位后，应用程序快速运行。
- 简单消息传递：传递的消息可以来自系统池，也可以来自专有池，并以紧急状态或用户自定义优先级发送；发送方式可以采取广播形式，也可以针对特定任务。为了尽可能提升灵活性，接收任务可通过与发送任务相同的 CPU 来执行，也可通过同一个系统中的不同 CPU 来执行。

更多信息请参考 MQX 网站：<http://www.freescale.com/mqx>。

**MQX RTOS—可自定义的元件集**

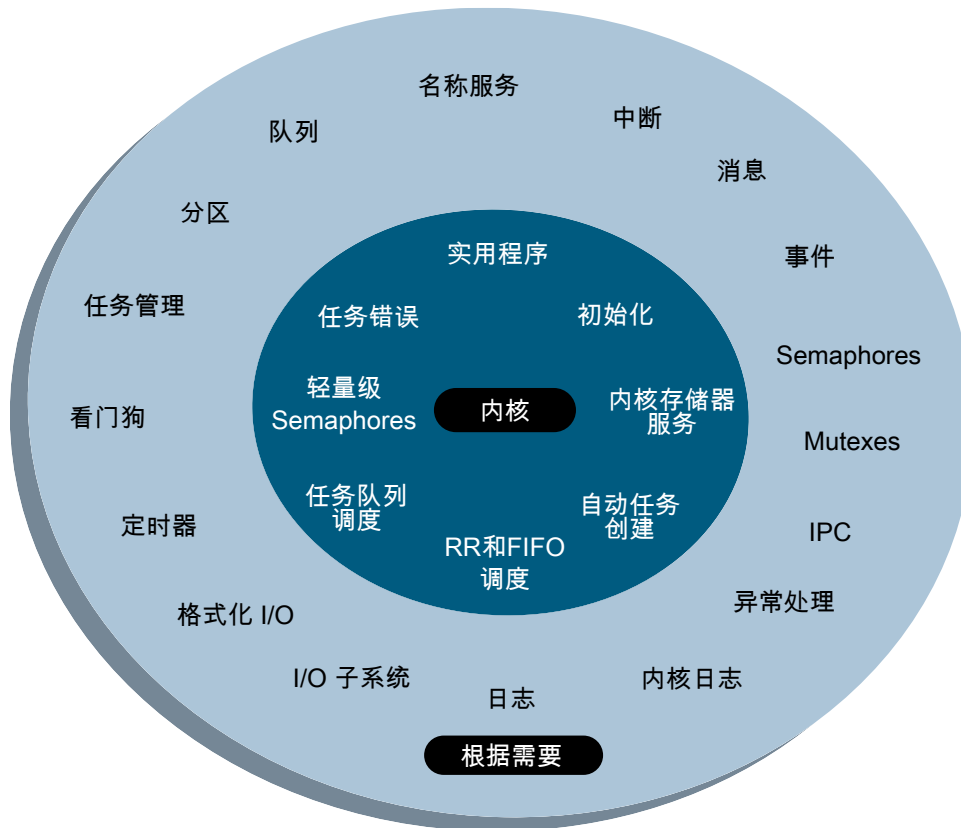


图 6. MQX 可自定义的组件集

## 6.4 提供额外软件协议栈

- 数学、DSP 和加密库
- 电机控制库
- 触摸检测软件套装
- 免费 Bootloader (USB、以太网、RF、串行)
- Freescale 免费嵌入式 GUI
- Freescale 免费 MQX™ RTOS、USB、TCP/IP 协议栈和 MFS 文件系统
- 低成本 Nano™ SSL/Nano™ SSH, 可用于 Freescale MQX™ RTOS
- 以及完整的 ARM®生态系统

## 7 修订历史

下表提供本文的修订历史。

**表 9. 修订历史**

修订版本号	日期	主要改动
4	2010 年 6 月	初始发布版
5	2010 年 7 月	通篇移除 180 MHz 产品供应 更新框图以显示 USB LS/FS 收发器 在“器件型号图解”表和 Kinetis 产品系列表中增加封装尺寸 增加 FlexMemory 部分 增加 NAND Flash 控制器特性列表部分 在 SPI 特性列表中增加最大 SPI 传输速率 在 CodeWarrior Development Studio 部分增加 CodeWarrior 网站链接
6	2010 年 11 月	更新存储器和封装选项表 更新产品系列特性表
7	2011 年 2 月	以 121 引脚产品代替 104 引脚产品 更新存储器和封装选项表 更新产品系列特性表
8	2011 年 5 月	更新存储器和封装选项表 更新产品系列特性表 更新模块特性表

**How to Reach Us:**

**Home Page:**  
[freescale.com](http://freescale.com)

**Web Support:**  
[freescale.com/support](http://freescale.com/support)

本文档中的信息仅供系统和软件实施方使用 Freescale 产品。本文并未明示或者暗示授予利用本文档信息进行设计或者加工集成电路的版权许可。Freescale 保留对此处任何产品进行更改的权利，恕不另行通知。

Freescale 对其产品在任何特定用途方面的适用性不做任何担保、表示或保证，也不承担因为应用程序或者使用产品或电路所产生的任何责任，明确拒绝承担包括但不限于后果性的或附带性的损害在内的所有责任。Freescale 的数据表和/或规格中所提供的“典型”参数在不同应用中可能并且确实不同，实际性能会随时间而有所变化。所有运行参数，包括“经典值”在内，必须经由客户的技术专家对每个客户的应用程序进行验证。Freescale 未转让与其专利权及其他权利相关的许可。Freescale 销售产品时遵循以下网址中包含的标准销售条款和条件：[freescale.com/SalesTermsandConditions](http://freescale.com/SalesTermsandConditions)。

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc. All other product or service names are the property of their respective owners.

© 2010–2011 Freescale Semiconductor, Inc.

© 2010–2011 飞思卡尔半导体有限公司