Welcome to E-XFL.COM

What is "Embedded - Microcontrollers"?

"Embedded - Microcontrollers" refer to small, integrated circuits designed to perform specific tasks within larger systems. These microcontrollers are essentially compact computers on a single chip, containing a processor core, memory, and programmable input/output peripherals. They are called "embedded" because they are embedded within electronic devices to control various functions, rather than serving as standalone computers. Microcontrollers are crucial in modern electronics, providing the intelligence and control needed for a wide range of applications.

Applications of "Embedded - Microcontrollers"

Details	
Product Status	Obsolete
Core Processor	ARM® Cortex®-M4
Core Size	32-Bit Single-Core
Speed	72MHz
Connectivity	CANbus, I²C, IrDA, SPI, UART/USART, USB, USB OTG
Peripherals	DMA, I²S, LCD, LVD, POR, PWM, WDT
Number of I/O	52
Program Memory Size	64KB (64K x 8)
Program Memory Type	FLASH
EEPROM Size	2K x 8
RAM Size	16K x 8
Voltage - Supply (Vcc/Vdd)	1.71V ~ 3.6V
Data Converters	A/D 20x16b; D/A 1x12b
Oscillator Type	Internal
Operating Temperature	-40°C ~ 105°C (TA)
Mounting Type	Surface Mount
Package / Case	81-LBGA
Supplier Device Package	81-MAPBGA (10x10)
Purchase URL	https://www.e-xfl.com/product-detail/nxp-semiconductors/mk40dx64vmb7

系列	程序闪存	封装	关键特性
K60 系列	256KB-1MB	100-256 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	

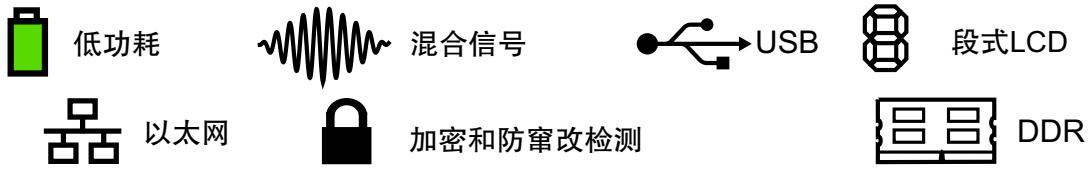


图 1. Kenetis 微控制器产品组合

所有的 Kinetis 系列包含丰富的模拟、通信和定时控制外设，提供多种闪存容量和输入输出引脚数量。所有 Kinetis 系列都具有以下特性：

- 内核：
  - ARM Cortex-M4 内核带 DSP 指令，性能可达 1.25 DMIPS/MHz (部分 Kinetis 系列提供浮点单元)
  - 多达 32 通道的 DMA 可用于外设和存储器数据传输并减少 CPU 干预
  - 提供不同级别的 CPU 频率 50 MHz、 72 MHz 和 100 MHz （部分 Kinetis 系列提供 120 MHz 和 150 MHz)
- 极低的功耗：
  - 10 种低功耗操作模式用于优化外设活动和唤醒时间以延长电池的寿命
  - 低漏唤醒单元、低功耗定时器和低功耗 RTC 可以更加灵活地实现低功耗
  - 行业领先的快速唤醒时间
- 存储器：
  - 内存空间可扩展，从 32 KB 闪存 / 8 KB RAM 到 1 MB 闪存 / 128 KB RAM。多个独立的闪存模块使同时进行代码执行和固件升级成为可能
  - 可选的 16 KB 缓存用于优化总线带宽和闪存执行性能
  - Flex 存储器具有高达 512 KB 的 FlexNVM 和高达 16 KB 的 FlexRAM。 FlexNVM 能够被分区以支持额外的程序闪存 （例如引导加载程序）、数据闪存 (例如存储大表) 或者 EEPROM 备份。FlexRAM 支持 EEPROM 字节写 / 字节擦除操作，并且指示最大 EEPROM 空间
  - EEPROM 最高超过一千万次的使用寿命
  - EEPROM 擦除 / 写速度远高于传统的 EEPROM
- 模拟混合信号：
  - 快速、高精度的 16 位 ADC、 12 位 DAC、可编程增益放大器、高速比较器和内部电压参考。提供强大的信号调节、转换和分析性能的同时降低了系统成本

- 人机接口 (HMI)：
  - 低功耗感应触摸传感接口在所有低功耗模式均可工作
- 连接性和通信：
  - UART 支持 ISO7816 和 IrDA， I^2S、 CAN、 I^2C 和 SPI
- 可靠性和安全性：
  - 硬件循环冗余校验引擎用于验证存储器内容、通信数据和增加的系统可靠性
  - 独立时钟工作的 COP 用于防止代码跑飞
  - 外部看门狗监控
- 定时和控制：
  - 强大的 FlexTimers 支持通用、 PWM 和电机控制功能
  - 载波调制器发射器用于产生红外波形
  - 可编程中断定时器用于 RTOS 任务调度或者为 ADC 转换和可编程延迟模块提供触发源
- 外部接口：
  - 多功能外部总线接口提供和外部存储器、门阵列逻辑或 LCD 的接口
- 系统：
  - 5 V 容限的 GPIO 带引脚中断功能
  - 从 1.71 V 到 3.6 V 的宽操作电压范围，闪存编程电压低至 1.71 V ，并且此时闪存和模拟外设所有功能正常
  - 运行温度 -40 °C 到 105 °C

除了以上共性，下表中列出了各 Kinetis 系列所特有的性能。

	USB OTG (FS & HS)	段式 LCD	NAND 闪存控制器	浮点单元	以太网 (IEEE 1588)	加密 (CAU+RNG)	双CAN	硬件防篡改检测	DDR 控制器
K60系列 256KB-1MB 100-256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			●	●			●		

共有的系统 IP	共有的模拟 IP	共有的数字 IP	开发工具
32位ARM Cortex-M4 内核带 DSP 指令	16位 ADC	CRC	带 Processor Expert的IDE
下一代闪存，高可靠性，快速访问	可编程增益放大器	I^2C	OS USB、 TCP/IP、 安全库
Flex存储器 w/ EEPROM 性能	12位 DAC	I^2S	模块化塔式 硬件开发系统
SRAM		UART/SPI	
存储器保护单元	高速比较器	可编程延迟块	应用软件栈、外设驱动器和应用库 (电机控制、 HMI、 USB)
低电压低功耗多操作模式，时钟门控 (1.71-3.6V 5V 容限 I/O)		外部总线接口	
		电机控制定时器	
	低功耗感应触摸传感	SDHC	
DMA		RTC	强大的第三方生态系统

图 2. Kinetis 系列微控制器特性

2 K40 系列介绍

K40 微控制器系列在引脚、外设和软件上和 K10 系列完全兼容，和 K10 系列相比，它增加了全速 USB 2.0 On-The-Go 带设备充电探测，和灵活的低功耗段式 LCD 控制器，最多可支持 320 个段。 K40 具有丰富的模拟、通信、定时和控制外设，从 64 QFN 封装 64 KB 闪存开始可扩展到 144 MAPBGA 512 KB 闪存。

3 K40 模块结构图

下图为 K40 系列器件的模块结构总图。本系列中的各具体器件的功能特性为图中总功能特性的子集。

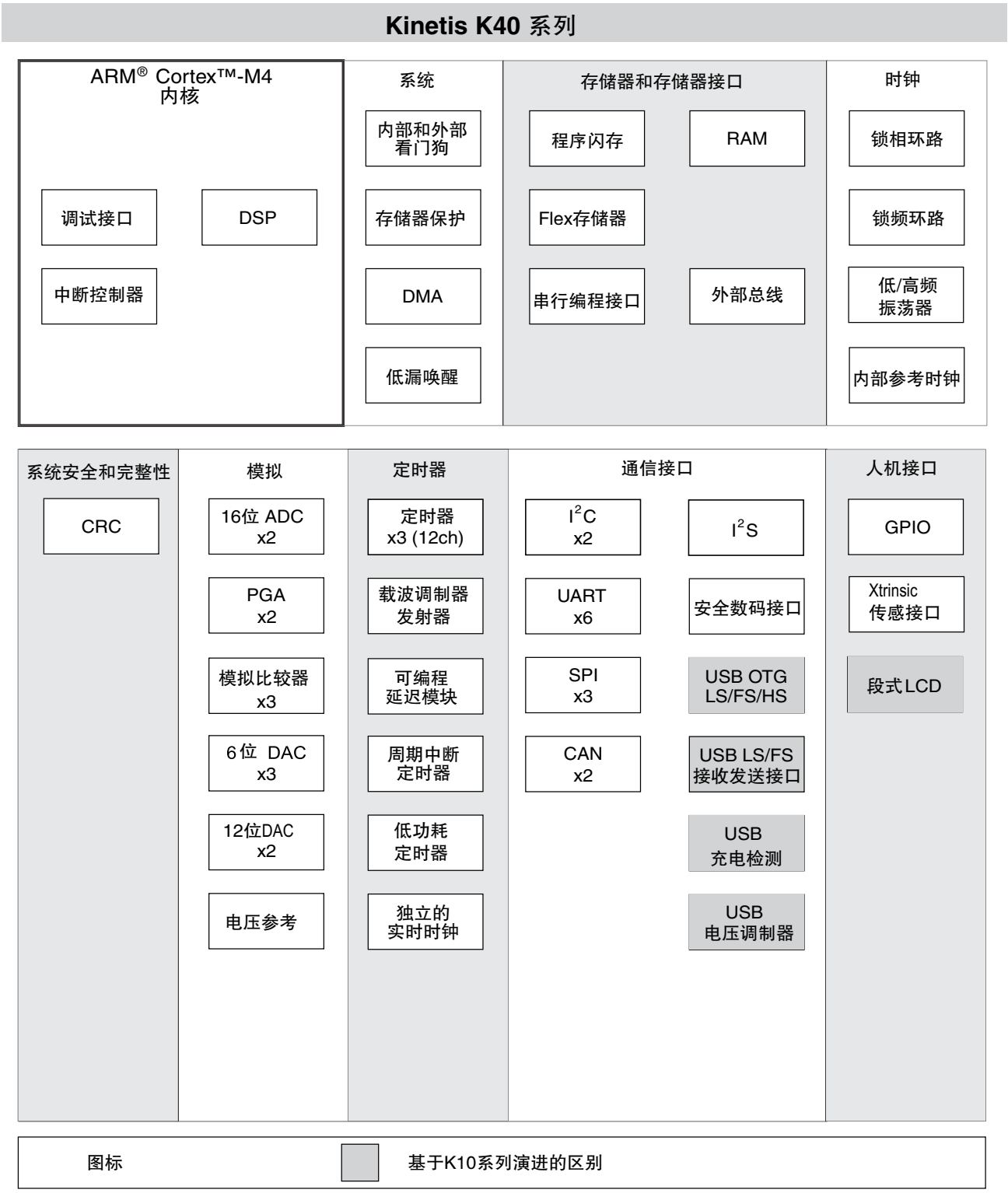

Kinetis K40 系列
ARM® Cortex™-M4 内核
调试接口
DSP
中断控制器
系统
内部和外部看门狗
存储器保护
DMA
低漏唤醒
存储器和存储器接口
程序闪存
RAM
Flex存储器
串行编程接口
外部总线
时钟
锁相环路
锁频环路
低/高频振荡器
内部参考时钟
系统安全和完整性
CRC
模拟
16位 ADC x2
PGA x2
模拟比较器 x3
6位 DAC x3
12位DAC x2
电压参考
定时器
定时器 x3 (12ch)
载波调制器发射器
可编程延迟模块
周期中断定时器
低功耗定时器
独立的实时时钟
通信接口
I2C x2
UART x6
SPI x3
CAN x2
I2S
安全数码接口
USB OTG LS/FS/HS
USB LS/FS 接收发送接口
USB 充电检测
USB 电压调制器
人机接口
GPIO
Xtrinsic 传感接口
段式LCD
图标
基于K10系列演进的区别

图 3. K40 模块结构图

Flex 存储器的关键特性包括 :

- 开发者可设置：
  - EEPROM 阵列大小和擦写次数
  - 程序或者数据闪存大小
- EEPROM 在电压和温度范围内能经受 一千万次擦写操作
- 无缝的 EEPROM 读 / 写操作：简单地读或写存储器地址
- 高速 EEPROM 字节， 16 位和 32 位擦写操作
- 减少外部 EEPROM IC 成本或避免 EEPROM 模拟机制对软件工作量和资源 （CPU/ 闪存 /RAM）的消耗
- 存储大的数据表和系统引导加载程序
- 主程序闪存支持同时读写操作
- 最低写入电压 1.71V

4.2.1 协议可编程

Flex 存储器使您能完全配置 FlexNVM 和 FlexRAM 模块，从而为应用提供最均衡的存储器资源。

用户可配置的参数包括：EEPROM 大小、擦写次数、写大小和额外程序 / 数据闪存的大小。

除了上述的灵活性，和传统的 EEPROM 比较， Flex 存储器解决方案中，管理权限者可设置 EEPROM 性能、擦写次数和低电压运行。

- 增强的 EEPROM — 包括 FlexRAM 和 FlexNVM 来提供字节擦写，高速和高擦写次数 EEPROM
- FlexNVM — 能被用作：
  - EEPROM 配置的一部分
  - 额外的程序或者数据闪存，或者
  - 同时包含上面两项。例如，一部分可以用作闪存同时另一部分被用作增强型 EEPROM 备份
- FlexRAM — 能被用作 EEPROM 配置的一部分或者额外的系统 RAM

4.2.2 使用案例

微控制器具有 128 KB 程序闪存、32 KB SRAM、 Flex 存储器具有 128 KB FlexNVM 和 4 KB FlexRAM (最大的 EEPROM 大小)。应用要求有 8 KB 的额外程序闪存用于引导加载程序 （bootloader）和 256 字节的高擦写次数 EEPROM。用户分配 8 KB 的 FlexNVM 给额外的程序闪存，剩余的 120 KB 用于 EEPROM 备份。

用户从 FlexRAM 定义了 256 字节的 EEPROM 大小。在此例中， EEPROM 的持续时间决定了至少可擦写 2.32 M 次。

4.3 器件号和封装信息

域	描述	值
T	温度范围 (°C)	• V = –40 to 105
PI	封装标识	• FM = 32 QFN (5mm x 5mm) • FT = 48 QFN (7mm x 7mm) • LF = 48 LQFP (7mm x 7mm) • FX = 64 QFN (9mm x 9mm) • LH = 64 LQFP (10mm x 10mm) • LK = 80 LQFP (12mm x 12mm) • MB = 81 MAPBGA (10mm x 10mm) • LL = 100 LQFP (14mm x 14mm) • ML = 104 MAPBGA (10mm x 10mm) • LQ = 144 LQFP (20mm x 20mm) • MD = 144 MAPBGA (13mm x 13mm) • MF = 196 MAPBGA (15mm x 15mm) • MJ = 256 MAPBGA (17mm x 17mm)
S	CPU 速率 (MHz)	• 50 = 50 MHz • 72 = 72 MHz • 100 = 100 MHz • 120 = 120 MHz • 150 = 150 MHz
N	带卷 (T&R)	• Blank = 非 T&R • R = T&R

4.4 K40 系列特性

下面各节列出了 K40 系列中各器件的区别，内容的划分基于性能等级。

每个器件号下面列出的特性为此器件的最大配置。哪些模块可以同时使用由信号复用配置决定。

4.4.1 K40 系列特性 (72MHz)

表 3. 频率为 72 MHz 的 K40

器件号	MK40X64VLH72(R)	MK40X64VFX72(R)	MK40X64VLK72(R)	MK40X64VMB72(R)	MK40X128VLH72(R)	MK40X128VFX72(R)	MK40X128VLK72(R)	MK40X256VLK72(R)	MK40X128VMB72(R)	MK40X256VMB72(R)	MK40X128VLL72(R)	MK40X256VLL72(R)	MK40X128VML72(R)	MK40X256VML72(R)
基本性能														
CPU 频率	72MHz	72MHz	72MHz	72MHz	72MHz	72MHz	72MHz	72MHz	72MHz	72MHz	72MHz	72MHz	72MHz	72MHz
引脚数	64	64	80	81	64	64	80	80	81	81	100	100	104	104
封装	LQFP	QFN	LQFP	MAPBGA	LQFP	QFN	LQFP	LQFP	MAPBGA	MAPBGA	LQFP	LQFP	MAPBGA	MAPBGA
存储器和存储器接口														
闪存总容量	96KB	96KB	96KB	96KB	160KB	160KB	160KB	288KB	160KB	288KB	160KB	288KB	160KB	288KB
闪存	64KB	64KB	64KB	64KB	128KB	128KB	128KB	256KB	128KB	256KB	128KB	256KB	128KB	256KB

4.4.2 K40 系列特性 (100MHz)

表 4. 频率为 100 MHz 的 K40

器件号	MK40X128VLQ100(R)	MK40X128VMD100(R)	MK40X256VLQ100(R)	MK40X256VMD100(R)	MK40N512VLK100(R)	MK40N512VMB100(R)	MK40N512VLL100(R)	MK40N512VML100(R)	MK40N512VLQ100(R)	MK40N512VMD100(R)
基本性能										
CPU 频率	100MHz	100MHz	100MHz	100MHz	100MHz	100MHz	100MHz	100MHz	100MHz	100MHz
引脚数	144	144	144	144	80	81	100	104	144	144
封装	LQFP	MAPBGA	LQFP	MAPBGA	LQFP	MAPBGA	LQFP	MAPBGA	LQFP	MAPBGA
存储器和存储器接口										
闪存总容量	256KB	256KB	512KB	512KB	512KB	512KB	512KB	512KB	512KB	512KB
闪存	128KB	128KB	256KB	256KB	512KB	512KB	512KB	512KB	512KB	512KB
FlexNVM	128KB	128KB	256KB	256KB	-	-	-	-	-	-
EEPROM/FlexRAM	4KB	4KB	4KB	4KB	-	-	-	-	-	-
SRAM	32KB	32KB	64KB	64KB	128KB	128KB	128KB	128KB	128KB	128KB
外部总线接口 (Flex 总线)	有	有	有	有	-	-	-	-	有	有
DDR 控制器	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NAND 闪存控制器	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
缓存	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
核心模块										
DSP	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有
SPFPU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
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
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
NMI	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有
系统模块										
软件看门狗	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有
硬件看门狗	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有
PMC	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有
MPU	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有

表 4. 频率为 100 MHz 的 K40 （续上页）

器件号	MK40X 128VLQ 100(R)	MK40X 128VM D100(R)	MK40X 256VLQ 100(R)	MK40X 256VM D100(R)	MK40N 512VLK 100(R)	MK40N 512VM B100(R)	MK40N 512VLL 100(R)	MK40N 512VML 100(R)	MK40N 512VLQ 100(R)	MK40N 512VM D100(R)
I^2C	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
I^2S	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CAN	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2
USB OTG LS/FS 带片上收发器	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
USB OTG HS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
USB DCD	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有
USB 120mA 稳压	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有
以太网 （带 1588）	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
人机接口										
段式 LCD	40x8/ 44x4	40x8/ 44x4	40x8/ 44x4	40x8/ 44x4	24x8/ 28x4	25x8/ 29x4	32x8/ 36x4	36x8/ 40x4	40x8/ 44x4	40x8/ 44x4
CMT(载波模块发射器)	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有
TSI(触摸传感输入)	16 输入	16 输入	16 输入	16 输入	16 输入	16 输入	16 输入	16 输入	16 输入	16 输入
GPIO (带中断)	98	98	98	98	52	53	62	66	98	98
工作特性										
最大允许输入电压 5V	有	有	有	有	有	有	有	有	有	有
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
闪存写电压	1.71V	1.71V	1.71V	1.71V	1.71V	1.71V	1.71V	1.71V	1.71V	1.71V
温度范围	-40 to 105°C	-40 to 105°C	-40 to 105°C	-40 to 105°C	-40 to 105°C	-40 to 105°C	-40 to 105°C	-40 to 105°C	-40 to 105°C	-40 to 105°C

4.5 模块特性

下面各章节描述本系列微控制器所涉及到模块的概要特性。若要了解特定器件具有的模块，请参考前面章节。

4.5.1 内核模块

4.5.1.1 ARM Cortex-M4 内核

- 支持高达 100 MHz 的频率， 1.25 DMIPS/MHz
- ARM 内核基于 ARMv7 Architecture & Thumb® -2 ISA
- 微控制器内核主要用于对成本敏感，确定性的中断驱动环境
- Harvard 总线构架
- 带分支推测技术的三级流水线
- 集成的总线矩阵

- 可设置的低功耗模式
- 不需要输出电源去耦电容
- 通过内部模块和外部输入从低功耗模式下唤醒
- 集成上电复位 (POR)
- 集成低压检测 （LVD），具有复位能力
- 可选的 LVD 跳变点
- 可设置的低压预警 （LVW）中断功能
- 缓冲区的带隙参考电压输出
- 出厂设置的带隙和 LVD 修正
- 1 kHz 低功耗振荡器 (LPO)

4.5.2.2 DMA 通道复用 (DMA MUX)

- 16 个独立可选择的 DMA 通道路由
- 4 个周期性触发源
- 每个通道路由可被指配到 64 个外设 DMA 源中的一个

4.5.2.3 DMA 控制器

- 最多 32 个完全可编程通道，带 32 字节的传输控制描述符
- 数据移动通过双地址传送 8 位、 16 位、 32 位和 128 位数值
- 可编程源地址、目标地址、传输数、支持增强地址模式
- 支持主要的次要嵌套累加器，每个通道一个请求一个中断
- 支持通道到通道的链路，分散 / 收集用于固定优先级的和时间片轮转通道仲裁的连续传输

4.5.2.4 看门狗定时器 (WDOG)

- 独立可配置时钟源输入
- 带解锁序列的单次写比特
- 可编程超时周期
- 能测试看门狗定时器和复位
- 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次数累加
- 可配置的超时中断

4.5.2.5 外部看门狗监控 (EWM)

- 独立的 1 kHz LPO 时钟源
- CPU 控制或者外部输入控制的输出信号选通外部电路

4.5.2.6 系统时钟

- 锁频环路 (FLL)
  - 数字控制振荡器 （DCO）
  - DCO 的频率范围可设置
  - 可以针对 32.768kHz 的外部参考时钟源设置 DCO 频率

    - 内部或外部参考时钟可作为 FLL 输入源
    - 0.2% 分辨率，使用 32 kHz 内部参考时钟
    - 使用 32 kHz 内部参考时钟时全电压和温度有 2% 的偏差；在有限的温度范围 （0°C 至 70°C）内偏差为 1%
- 锁相环路 (PLL)
    - 电压控制振荡器 (VCO)
    - 外部参考时钟被用作 PLL 源
    - 模数 VCO 分频器相位 / 频率检测器
    - 集成环路过滤器
- 内部参考时钟产生器
    - 低速时钟使用 9 个修正位确保准确性
    - 快速时钟带四个修正位
    - 可用于控制 FLL
    - 可以选择低速或快速时钟作为 MCU 的时钟源
    - 可以用作其他片上外设的时钟源
- 来自晶体振荡器 （XOSC）的外部时钟
    - 可以用作 FLL 和 / 或 PLL 源
    - 可以选择作为 MCU 的时钟源
- 具有复位请求能力的外部时钟监控
- 具有中断请求功能的锁检测器，用于 PLL
- 自动修正机 （ATM），用于修正低频率范围和快速内部参考时钟
- 提供了用于 FLL 和 PLL 的基准分频器
- 所选的时钟源可以 1、 2、 4 或 8 预分频
- 从 FLL 或者 PLL 提供 MCGPLLSCLK 作为时钟源用于其他片上外设
- 提供 MCGFFCLK 作为时钟源用于其他片上外设

4.5.3 存储器和存储器接口

4.5.3.1 片上存储器

- 50MHz 器件
    - 高达 128KB 程序闪存
    - Flex 存储器模块提供高达 32KB 的 FlexNVM 和 2KB FlexRAM 以及最高达 2KB 的 EEPROM
    - 高达 32KB 的 SRAM
- 72MHz 器件
    - 高达 256KB 程序闪存
    - Flex 存储器模块提供高达 32KB 的 FlexNVM 和 2KB FlexRAM 以及最高达 2KB 的 EEPROM
    - 高达 64KB 的 SRAM
- 100MHz 器件
    - 高达 512KB 程序闪存
    - Flex 存储器模块提供高达 256KB 的 FlexNVM 和 4KB FlexRAM 以及最高达 4KB 的 EEPROM
    - 高达 128KB 的 SRAM
- 安全电路，防止对 RAM 和闪存内容进行未授权访问

- 自动比较各种可设置的中断值
- 温度传感器
- 硬件平均功能
- 可选择电压参考
- 自动校准模式

4.5.5.2 高速模拟比较器 (CMP)

- 6 位 DAC 可编程参考生成器输出
- 典型 5 mV 输入偏移
- 在启用模式下功耗低于 40 μA，在禁用模式下功耗低于 1 nA （可编程的参考生成器不包含在内）
- 固定的 ACMP 滞后，范围在 3 mV 至 20 mV 之间
- 最多 8 个可选比较器输入；每个输入都可以按照极性顺序与其他任何输入进行比较
- 中断在比较器输出的上升沿，下降沿或者上升下降沿可选
- 比较器输出可被采样，窗口 （用于过零检测）或者数字过滤
- 在低功耗模式下运行

4.5.5.3 12 位数模转换器 (DAC)

- 12 位分辨率
- 在输入字 497-3599 确保 6-sigma 的单调性
- 高低速转换
  - 高速下转换率为 1 μs，低速为 2 μs
- 下电模式
- DAC 能驱动 3 kΩ, 400pF 负载
- 同步异步更新可选
- 自动模式下允许 DAC 产生自己的输出波形，包括方波、三角波和锯齿波。
- 自动模式下周期、更新率和范围可编程
- DMA 支持可配置浮标

4.5.5.4 电压参考 (VREF)

- 可配置的修正寄存器，以 0.5 mV 为单位递增，在复位后自动加载室内温度值
- 可配置的模式选择：
  - 关闭
  - 带隙输出 （或稳定延迟）
  - 低功耗缓冲模式
  - 紧稳压缓冲模式
- 室温下名义输出电压为 1.2 V， 40 ppm/°C
- 特定引脚输出
- 紧稳压模式下提供最大 100 μV/mA 负载调整
- 电源抑制比为 0.1 mV DC 和 -60 dB AC

4.5.6.3 可编程中断定时器 (PITs)

- 最多四个通用中断定时器
- 最多四个用于触发 ADC 转换的中断定时器
- 32 位计数器分辨率
- 同步系统时钟频率
- 支持 DMA

4.5.6.4 低功耗定时器

- 预分频器 / 毛刺过滤器的时钟可选
  - 1 kHz 内部 LPO
  - 32.768 kHz 外部晶振
  - 内部参考时钟 (在低漏模式不可用)
- 带 15 位计数器的可配置的毛刺过滤器或预分频器
- 带比较的 16 位时间或者脉冲累加器
- 在定时器比较时产生的中断
- 在定时器比较时产生硬件触发 （在低漏模式不可用)

4.5.6.5 载波调制定时器 (CMT)

- 4 种运行模式
  - 时间模式，独立控制高电平和低电平时间
  - 基带
  - 频移键控 (FSK)
  - 直接通过软件控制 IRO 引脚
- 在时间、基带和 FSK 模式下扩展空间操作
- 可选择的输入时钟分频
- 在循环结束时中断
  - 能够关闭 CMT_IRO 信号并用于定时器中断

4.5.6.6 实时时钟 (RTC)

- 独立的电源， POR 和 32 kHz 晶振
- 32 位秒计数器和 32 位告警
- 16 位预分频器带补偿能够更正 0.12 ppm 到 3906 ppm 之间的错误
- 寄存器写保护
  - 硬锁要求通过 VBAT POR 来打开写权限
  - 软锁要求通过系统复位来打开写 / 读权限

4.5.7 通信接口

4.5.7.1 通用串行总线接口 – On-The-Go 模块

- 遵循 USB 规范 2.0 版本
- USB 主设备模式

  - 内容相关寻址
- 灵活的消息缓冲器 (MBs), 总共可达 16 个消息缓冲器，每个数据长度为 0-8 字节，可配置为 Rx 或者 Tx，都支持标准或者扩展消息。
- 只听模式
- 每个消息缓冲器具有独立的屏蔽寄存器
- 可编程的发送优先机制：最低的 ID 或者最小的缓冲器编号
- 基于 16 位自由运行定时器的时间戳
- 全局网络时间，通过特定的消息同步

4.5.7.5 串行外围设备接口 (SPI)

- 全双工、三线同步传输
- 主模式支持最高达 25 Mbps 的传输速率
- 从模式支持最高达 12.5 Mbps 的传输速率
- 缓冲的发送操作使用 TX FIFO，深度可达 4
- 缓冲的接收操作使用 RX FIFO，深度可达 4
- TX 和 RX FIFOs 能被独立关闭，用于 SPI 序列的低延时更新
- TX 和 RX FIFOs 可视化更便于调试
- 基于帧的可编程传输特性
- 根据 SPI 实例和封装，最多支持 6 个外设芯片 (使用外部分路器可扩展到 64 个）
- 通过外部分路器最多可支持 32 个外设芯片去毛刺，
- 当数据增加到发送 FIFO 和从接收 FIFO 移除数据时可使用 DMA
- 6 种中断条件
- 更改过的 SPI 发送格式用于和较慢的外设通信

4.5.7.6 内部集成电路 (I^2C)

- 与 I^2C 总线标准和 SM 总线规范版本 2 特性兼容
- 最大总线负载高达 100 kbps
- 多主控操作
- 通过软件设置 64 个不同的串行时钟频率
- 可设置的从地址和毛刺输入过滤器
- 中断驱动的单字节数据传输
- 仲裁丢失中断，模式自动从主模式切换到从模式
- 调用地址标识中断
- 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通过地址匹配唤醒
- 支持 DMA

4.5.7.7 通用异步接收器 / 发射器 （UART）

- 全双工
- 标准标记 / 空间不归零 （NRZ）格式
- 可选 IrDA 1.4 翻转归零 (RZI) 格式，脉冲宽度可编程
- 支持使用 ISO 7816 协议与智能卡交互
- 13 位波特率选择，支持 1/32 小数分频

- 支持高级 DMA 来执行连接的存储器访问

4.5.7.9 同步串行接口 (I^2S)

- 为支持音频，独立 （异步）或者共享 （同步）发送和接收段，带分离的或者共享的内部 / 外部时钟和帧同步，运行于主或从模式
- 可运行于主模式或者从模式
- 正常模式时使用帧同步
- 网络模式下允许多个设备共享端口，最多 32 个时隙
- 可编程的数据接口模式，例如 I^2S、 LSB 和 MSB
- 可编程的字长度 (8、 10、 12、 16、 18、 20、 22 或者 24 位)
- 支持 AC97

4.5.8 人机接口

4.5.8.1 通用输入 / 输出 (GPIO)

- 可编程毛刺过滤器，中断在所有输入引脚上极性可选
- 所有输入引脚上具备滞后并且上拉电阻下拉电阻可配置
- 所有输出引脚都具备可配置的斜率和驱动强度
- 独立引脚值寄存器，在数字引脚上读取逻辑电平
- 可选最大输入电压 5 V 的器件

4.5.8.2 触摸传感输入 (TSI)

- 16 通道输入，支持最多 16 个独立的触摸键
- 4 个触摸键可组成滑动条
- 中断可配置为基于键或者基于滑动条
- 运行于低功耗模式时允许通过单触摸从最低功耗模式中唤醒
- 可选使用内部参考时钟

4.5.8.3 段式 LCD

- LCD 波形在低功耗模式正常运行
- 最多 48 个引脚，可选择配置为段 （frontplane）或者公共端 （backplane）
  - 最多可产生 44 个段信号
  - 最多可产生 8 个公共端信号
- LCD 帧频率可配置
- 闪烁模式和频率可配置
  - 闪烁过程中所有段空白
  - 每个 LCD 段在少于等于× 4 模式交替显示
  - 低功耗时能正常闪烁
- LCD 电源开关可配置，为电池电源和板级应用提供了理想的解决方案
  - 充电泵只需要四个外部电容
  - 内部 LCD 电源使用 VDD （1.8 到 3.6 V）
  - 内部 VIREG 变压电源可选用 3 V 或者 5 V LCD 显示屏

    - 外部 VLL3 电源可选 （3 V）
- 内部变压电压源带 4 位调整寄存器来进行对比控制
- 集成充电泵来产生 LCD 偏置电压
    - 驱动 3 V 或者 5 V LCD 面板硬件可配置
    - 片上产生偏置电压
- 波形存储寄存器
- 公共端重赋值来支持在点阵显示器上垂直方向卷屏
- LCD 帧频率中断软件可配置

5 功耗模式

功耗管理控制器 (PMC) 为用户提供了多种功耗模式可供选择。支持多达十种不同的功耗模式，便于用户根据需要优化功耗。

根据用户应用对于停止 （stop）的需要，提供了多种 stop 模式来提供状态保持，某些逻辑和 / 或存储器部分休眠或者全部休眠。所有功耗模式中输入 / 输出状态保持。下表提供了各种功耗模式的比较。

每种运行 （run）模式都有对应的等待 （wait）模式和停止 （stop）模式。等待模式和 ARM 的休眠模式类似。停止模式 （VLPS， STOP）和 ARM 的深度休眠模式类似。当处理应用时不需要最大的总线频率，采用极低功耗运行 （VLPR）模式能极大地减少运行时的功耗。

CPU 有三种主要的操作模式：运行、等待和停止。 WFI 和 WFE 指令被用于将芯片从等待和停止模式中唤醒。芯片增加了多种停止、等待和运行模式，用于根据应用需要降低功耗。 .

表 5. 芯片功耗模式

功耗模式	描述	正常的恢复方法
正常运行	允许 MCU 达到最大性能	-
正常等待 （ WFI）	允许外设在 CPU 休眠期间正常工作，从而降低功耗	中断
正常停止 （WFI）	芯片进入静止状态。低功耗模式，支持 LVD 保护的同时保持所有寄存器内容。	中断
正常停止 （WFE）	芯片进入静止状态。低功耗模式，支持 LVD 保护的同时保持所有寄存器内容。	（中断后）重新开始
VLPR （超低功耗运行）	降低频率 （1 MHz）的闪存访问模式。稳压器处于低功耗模式下， LVD 关闭。内部稳压器低功耗；为内核和外设提供 2 MHz 的时钟源。	中断
VLPW （超低功耗等待， WFI）	与 VLPR 类似， CPU 处于休眠状态来进一步降低功耗。	中断
VLPS （超低功耗停止， WFI）	MCU 处于静止状态， LVD 操作关闭。低功耗模式， ADC 和引脚中断仍可工作。 LPT、 RTC、 ACMP、 DAC 正常工作。	中断
VLPS （超低功耗停止， WFE）	MCU 处于静止状态， LVD 操作关闭。低功耗模式， ADC 和引脚中断仍可工作。 LPT、 RTC、 ACMP、 DAC 正常工作。	（中断后）重新开始

表 5. 芯片功耗模式 （续上页）

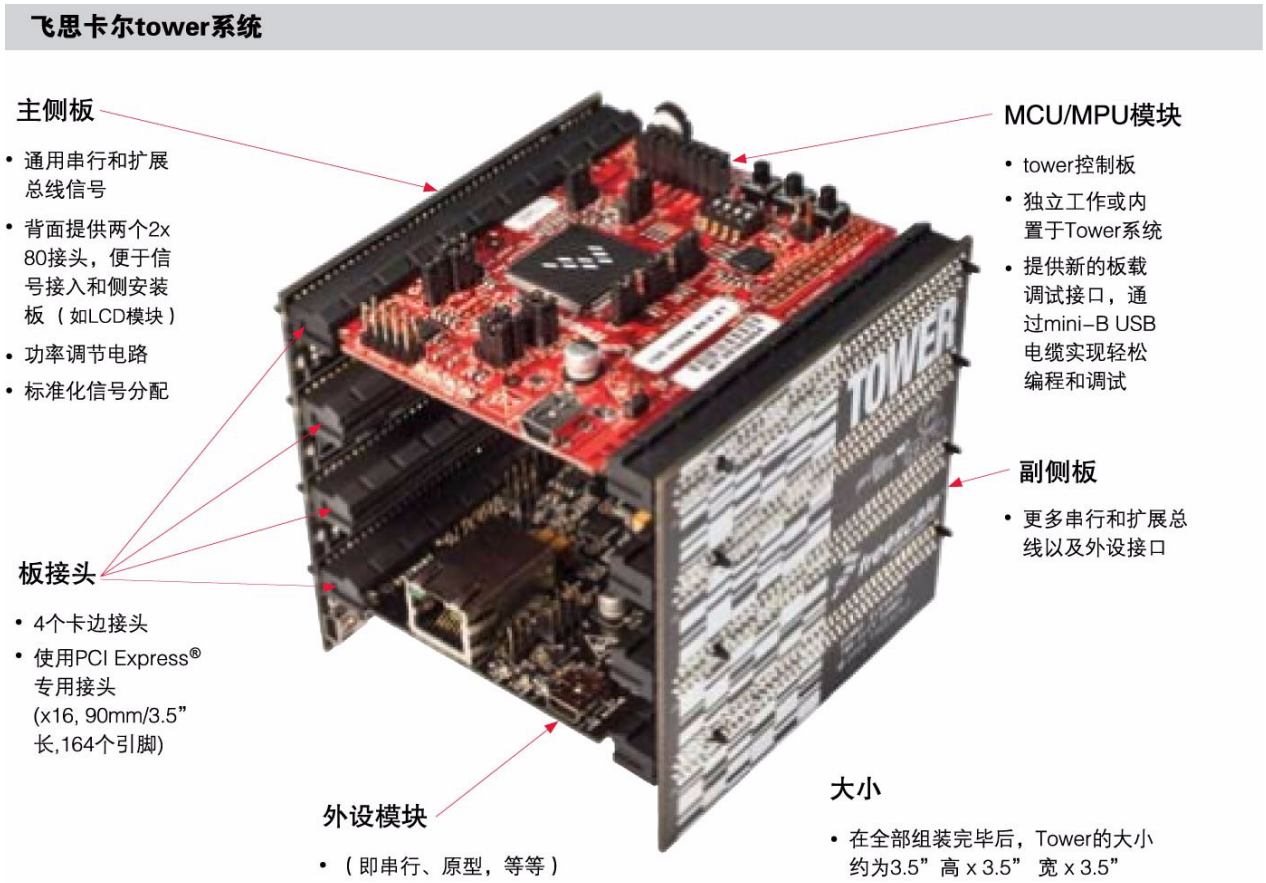
功耗模式	描述	正常的恢复方法
LLS （低漏停止）	状态保持功耗模式。 LLWU、 LPT、 RTC、 ACMP、 DAC 正常工作。 **注意：** LLWU 中断一定不要被中断控制器屏蔽，以避免 LLS 恢复时不能完全退出停止模式。 .	唤醒中断
VLLS3 （超低漏停止 3）	LLWU、 LPT、 RTC、 ACMP、 DAC 正常工作。 SRAM_U 和 SRAM_L 继续供电。	唤醒复位
VLLS2 （超低漏停止 2）	LLWU、LPT、RTC、ACMP、DAC 正常工作。SRAM_L 断电，部分 SRAM_U 继续供电。	唤醒复位
VLLS1 （超低漏停止 1）	LLWU、LPT、RTC、ACMP、DAC 正常工作。所有的 SRAM_U 和 SRAM_L 断电。用于客户重要数据的 32 位 VBAT 寄存器文件继续供电。	唤醒复位

6 开发环境

飞思卡尔的微控制器产品的应用开发获得了大量工具、第三方开发人员以及软件厂商的支持。 Kinetis 系列的开发可使用以下资源。

6.1 支持 Freescale 的塔式系统

飞思卡尔的塔式系统是一个针对 8 位、 16 位和 32 位微控制器的模块化开发平台，支持通过快速原型化实现高级开发。塔式系统具有多个开发板或模块，为设计师提供了从入门级到高级微控制器开发的支持。



Kinetis 系列提供以下塔式模块，关于塔式系统的更多信息请参考 http://www.freescale.com/tower。

表 6. Kinetis 系列微控制器的塔式模块

微控制器模块	特性
Kinetis K40 系列微控制器模块	K40 系列 512 KB 闪存 MCU， 144 引脚 MAPBGA 封装 板载 JTAG 调试接口 访问包括段式 LCD 和 USB 在内的所有特性
Kinetis K60 系列微控制器模块	K60 系列 512 KB 闪存 MCU， 144 引脚 MAPBGA 封装 板载 JTAG 调试接口 访问包括以太网和 USB 在内的所有特性

6.2 CodeWarrior 开发组件

飞思卡尔的 CodeWarrior Development Studio for Microcontrollers v10.x 将 RS08、 HCS08 和 ARM 架构的开发工具集成到一个基于 Eclipse 开放开发平台的产品中。 Eclipse 提供了一个用于构建软件开发环境的出色框架，并且成为由众多嵌入式软件厂商使用的标准框架。

- Eclipse IDE 3.4
- 编译系统，包含针对 RS08、 HCS08， ARM 和 ColdFire 处理器的优化的 C/C++ 编译器

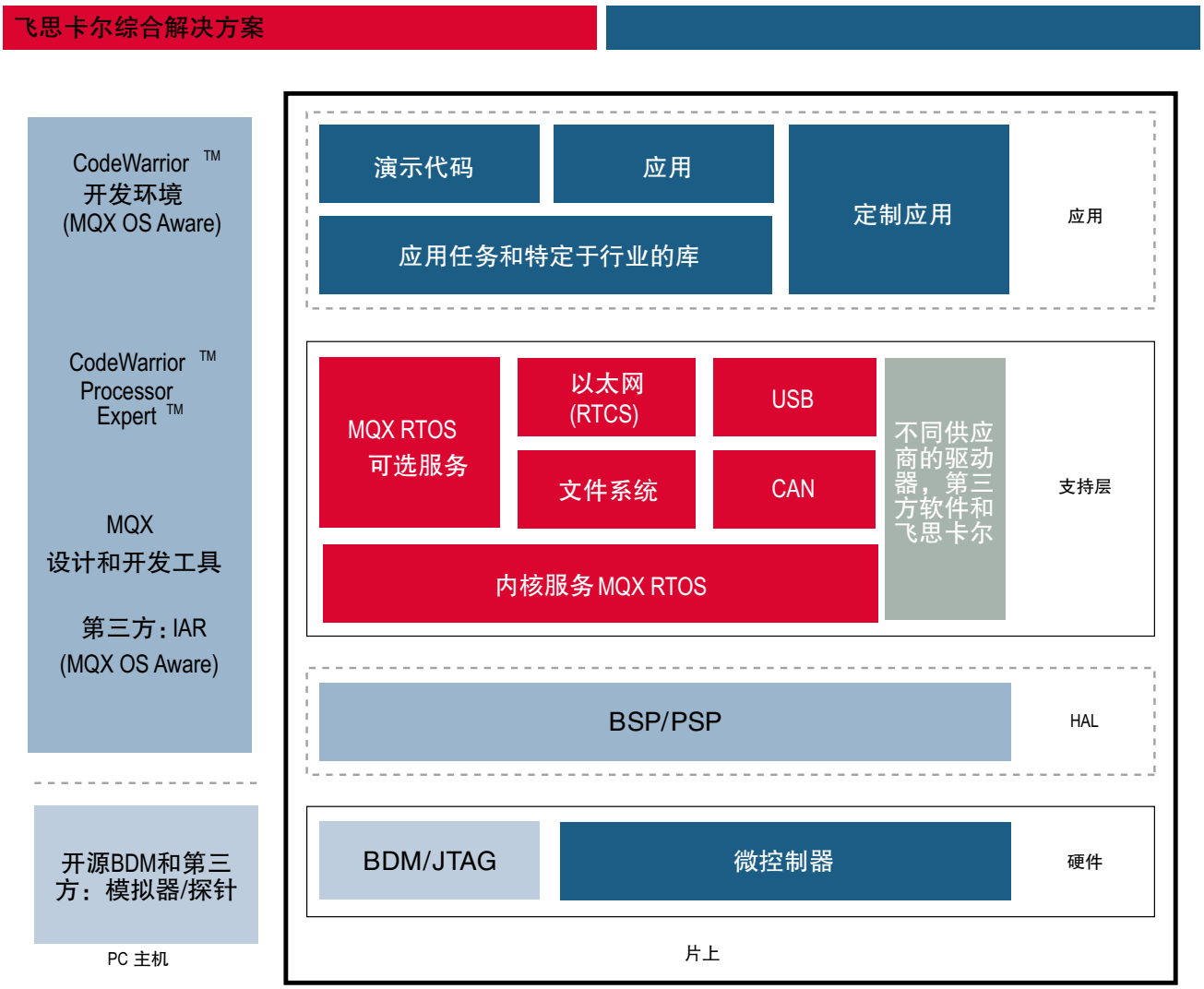


图 5. MQX 解决方案

飞思卡尔 MQX RTOS 的关键优势包括：

- 内存占用少：RTOS 专门针对嵌入式系统的速度和尺寸效率设计。它实现了真正的实时性能，采用汇编代码手工优化上下文切换和中断程序。
- 基于组件的架构：为功能丰富的 RTOS 内核提供额外的可选服务。飞思卡尔的 MQX RTOS 包含 25 个组件 （8 个内核组件和 17 个可选组件）。只在需要时连接组件，防止未使用的功能增加内存占用。
- 全功能的和轻量级的组件：提供了关键组件的全功能版本和轻量级版本，以进一步控制大小、RAM/ROM 利用率和性能选项。
- 实时的、基于优先级的抢占式多线程处理：允许高优先级线程始终满足其时间要求，不管当前有多少其他线程与其争用 CPU 时间。
- 调度：开发人员不需要花费精力去创建或维护高效的调度系统和中断处理，从而加快开发速度。
- 代码重用：提供一个具有简单、直观的 API 的框架，适用于众多飞思卡尔嵌入式处理器产品。
- 快速启动：确保应用在硬件复位后能够快速运行。

- 简单消息传递：消息可以来自一个系统池或一个专用池，根据紧急状态或用户定义优先级发送，可以广播或与某任务相关。为获得最大程度的灵活性，接收任务可以在与发送任务相同的 CPU 上运行，或者在同一系统的不同 CPU 上运行。

更多的信息请参考 MQX 的网页 http://www.freescale.com/mqx。

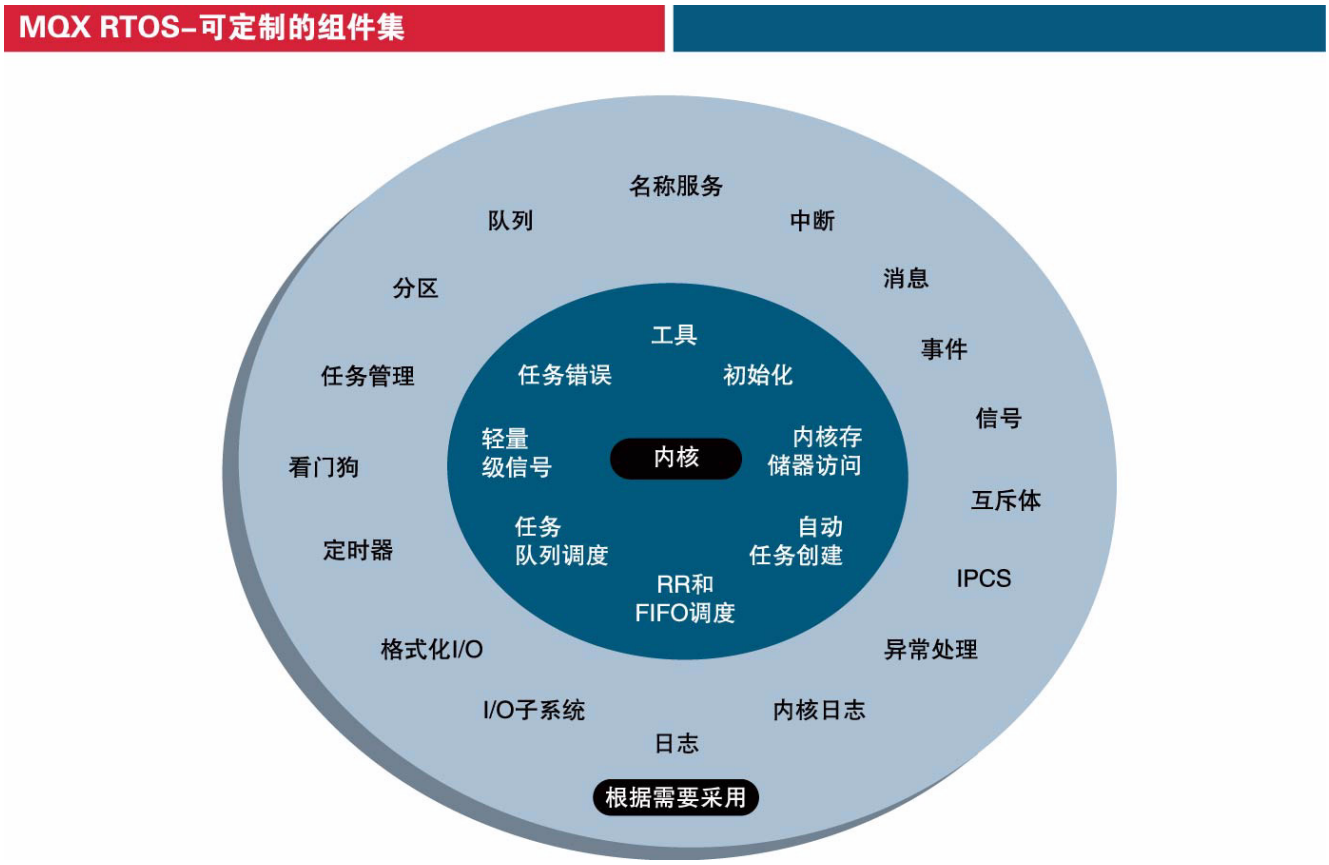


图 6. MQX 可用户定义的组件集

6.4 额外提供的软件栈

- 算术，数字信号处理和加密库
- 电机控制库
- 传感软件组件
- 附赠的 bootloaders （USB、以太网、 RF 和串口）
- 附赠的飞思卡尔内嵌式 GUI
- 附赠的飞思卡尔 MQX RTOS、 USB、 TCP/IP 堆栈和 MFS 文件系统
- 用于飞思卡尔 MQX RTOS 的低成本 Nano SSL/Nano SSH。
- 完整的 ARM 系统

7 修订记录

下表列出了本手册的修订记录。

表 8. 修订记录

版本号	日期	修订
1	8/2010	中文版第一次发布，本版本对应于 K40PB Rev.5。
2	11/2010	将表 2 中 81BGA 和 104BGA 的封装大小改为 8 × 8 更改 81MAPBGA 的封装标识为 MB 更改表 3 中 MK40X64VLH50(R) 和 MK40X64VFX50(R) 的 PGA 数量为 2，12 位 DAC 数量为 1 删除 50 MHz 封装，增加 72 MHz 封装