AN204959

F²MC-8FX 家族 8 位微型控制器低功耗策略

相关器件系列：F²MC-8FX 家族 8 位微型控制器系列

本文档介绍了所有 F²MC-8FX 家族 8 位微型控制器系列 MCU 的低功耗策略。

目录

1 概要 1
2 低功耗策略 1
3 硬件策略 2
3.1 选择低电源电压 2
3.2 选择低功耗时钟 2
3.3 选择低功耗模式 5
4 软件策略 9
4.1 采用中断而不是查询 9
4.2 采用宏而不是子程序 9
4.3 减少计算 9
4.4 关闭未使用的模块 10
5 更多信息 10
文档修改记录 11

1 概要

本文档介绍了所有 F²MC-8FX 家族 8 位微型控制器系列 MCU 的低功耗策略。

其中主要介绍了减少功耗的方法并研究了 LPC MCU 的功耗情况。

2 低功耗策略

降低功耗的主要目的是减少系统成本，同时延长嵌入式应用，特别是便携式设备的电池寿命。对于基于 MCU 的嵌入式应用，既可以通过硬件也可以通过软件的方法减少系统功耗。

3 硬件策略

3.1 选择低电源电压

通过减少 MCU 的电源电压可以有效降低功耗。如表 3-1 所示， LPC MCU 工作电压的范围为 2.4V -5.5V。

表 3-1. 工作条件描述

Parameter	符号	值		单位	备注	
		最小值	最大值			
电源电压	V_{CC}	2.4	5.5	V	正常运行	除片上调试外
		2.3	5.5		停止模式	
		2.9	5.5		正常运行	片上调试
		2.3	5.5		停止模式	
工作温度	T_A	-40	+85	℃	除片上调试功能外	
		+5	+35		片上调试功能	

如果采用低电源电压，系统电流将大大减少。电源电压越低，系统功耗就越低。因此，只要能达到系统要求，最好选择低的电源电压。

目前，大多数 MCU 系统的电源电压为 5V。在过去的五年里，3V 和 2V 的 MCU 系统的数量也在不断增加。今后，低电源电压 MCU 系统的数量将超过 5V 的 MCU 系统。减少 MCU 的电源电压是一个重要的趋势。

3.2 选择低功耗时钟

3.2.1 采用合适的时钟

F²MC-8FX 家族 8 位微型控制器系列 MCU 有四个时钟源：主时钟，主 CR 时钟，副时钟以及副 CR 时钟。

- 主时钟模式

  主时钟用作 CPU 及外围功能的机器时钟。时基定时器使用主时钟。计时预分频器使用副时钟（双外部时钟产品）。

- 副时钟模式（双外部时钟产品）

  主时钟摆动停止，副时钟用作 CPU 和外围功能的机器时钟。在该模式下，时基定时器停止，因为其操作需要主时钟。

- 主 CR 时钟模式

  主 CR 时钟用作 CPU 和外围功能的机器时钟。时基定时器和看门狗定时器使用主时钟。计时预分频器使用副时钟（双外部时钟产品）。

- 副 CR 时钟模式（双外部时钟产品）

主时钟动摆动停止，副时钟用作 CPU 和外围功能的机器时钟。在该模式下，时基定时器停止，因为其操作需要主时钟。计时预分频器使用副 CR 时钟。

使用主 CR 时钟和副 CR 时钟的优点是节省外部水晶，减少硬件成本。缺点是精度不够高，且功耗高。参见相关硬件手册和数据表了解更多关于如何选择合适时钟的详细信息。

3.2.2 时钟模式的切换

有时如果只采用一种时钟模式，也许不能满足系统功能和低功耗的要求。因此 Cypress MCU 采用全部四种时钟模式或者部分模式。MCU 可在这些模式之间切换以满足不同的要求。图 3-1 和图 3-2-显示了这些模式之间的切换。

图 3-1. 时钟模式状态切换图（双外部时钟产品）

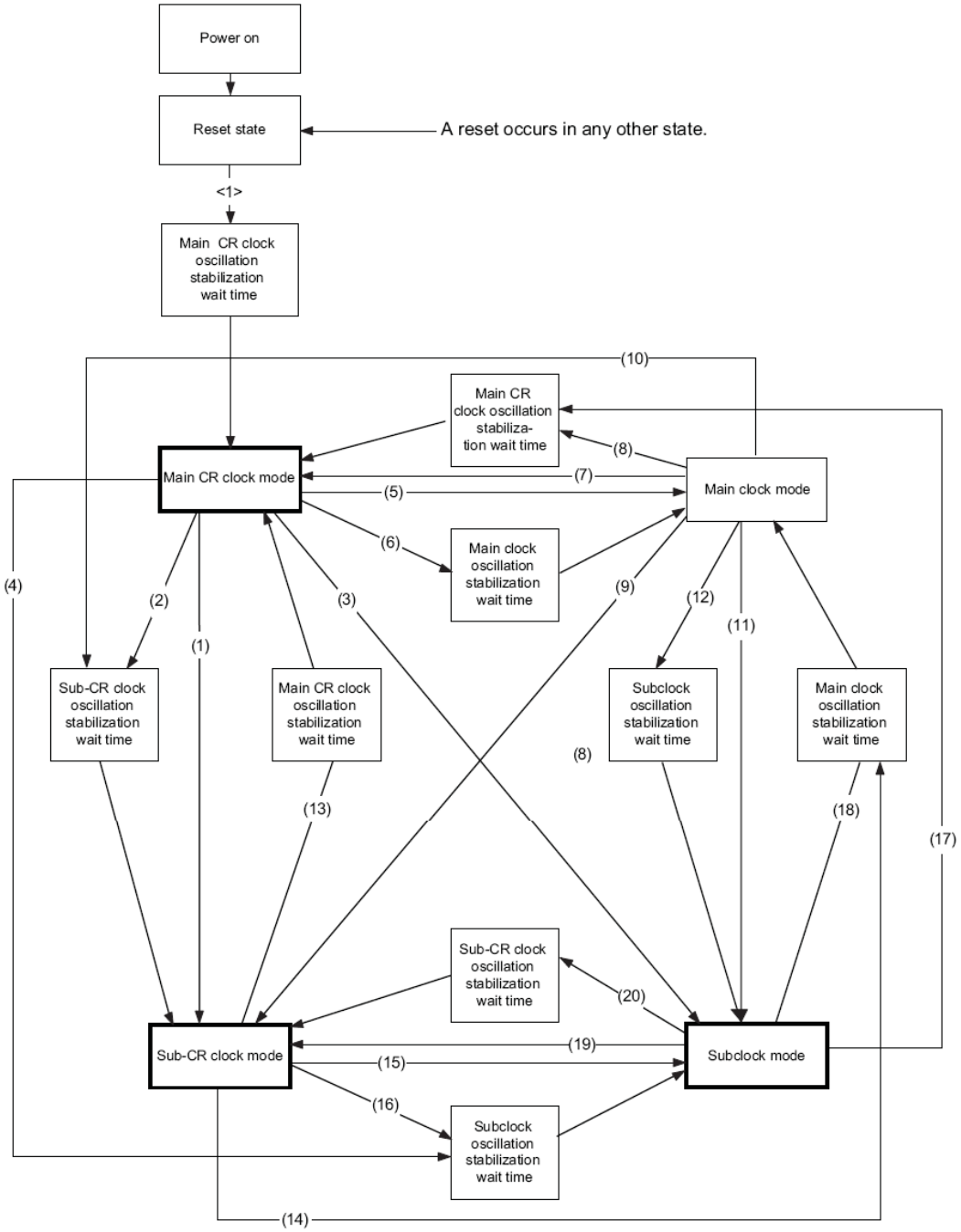
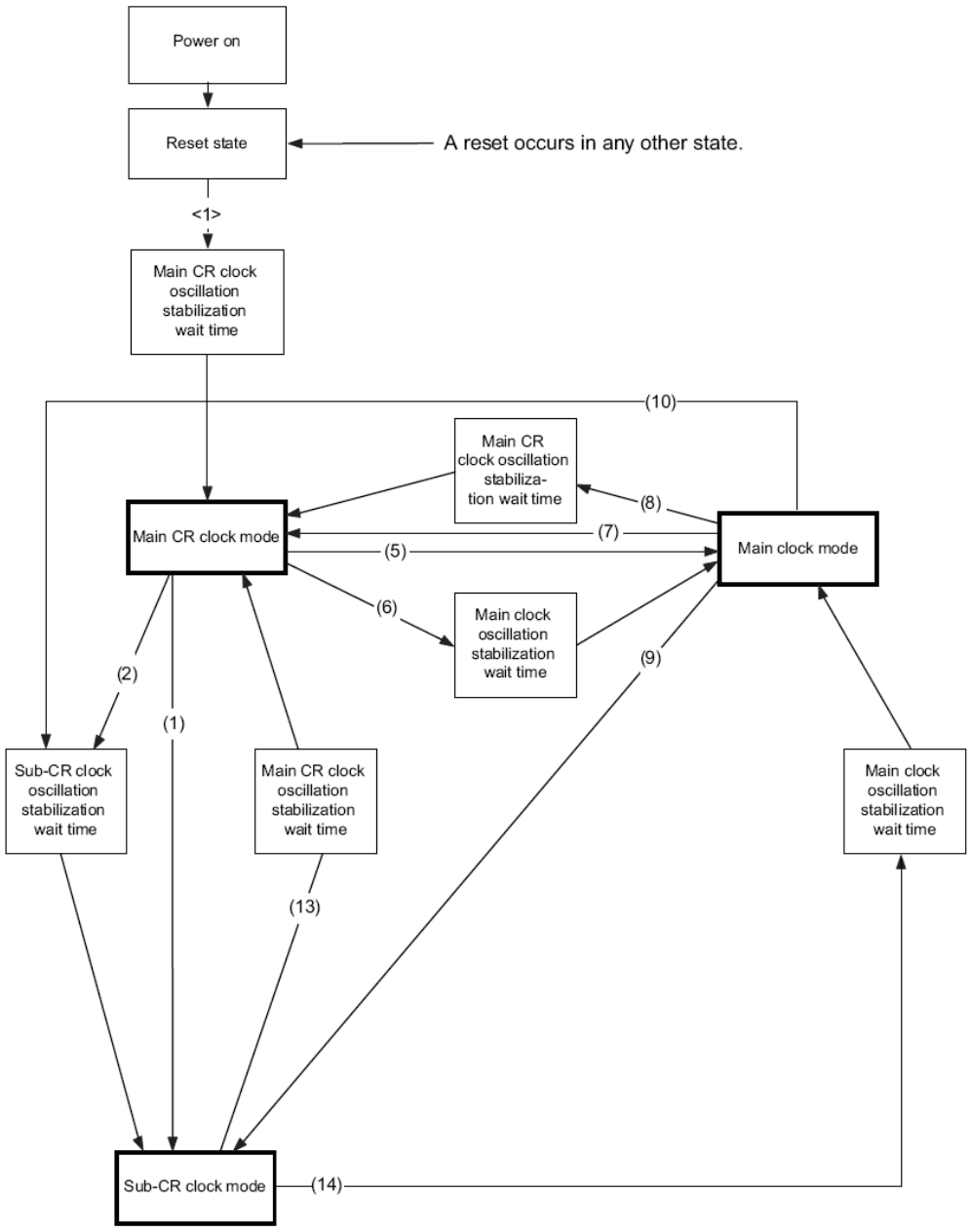


图 3-2. 时钟模式状态切换图（单外部时钟产品）



3.3 选择低功耗模式

F²MC-8FX 家族 8 位微型控制器系列 MCU 的低功耗模式（待机模式）包括：休眠模式、时基定时器模式、计时模式和停止模式。待机模式的功耗低于运行模式。

MCU 可被简单划分成以下模块：主时钟、主 CR 时钟、副时钟、副 CR 时钟、 CPU、 ROM、 RAM、I/O 端口、时基定时器、计时预分频器、外部中断、硬件看门狗定时器、软件看门狗定时器、低压检测重置、以及其他外围功能。

3.3.1 待机模式和时钟模式的内部运行状态

所有模块同时工作时，功耗最高。在运行模式下，大多数模块同时工作，因此功耗较高。在待机模式下，只有部分模块工作，因此功耗较低。

以 MB95200/210 系列为例，表 3-2 和表 3 显示了在运行模式和休眠模式下不同时钟模式的操作状态。

表 3-2. 待机模式和时钟模式的组合以及内部运行状态（1）

Function	RUN				Sleep			
	Main clock mode	Main CR clock mode	Subclock mode (Dual external clock prod-uct)	Sub-CR clock mode	Main clock mode	Main CR clock mode	Subclock mode (Dual external clock prod-uct)	Sub-CR clock mode
Main clock	Operating	Stopped*1	Stopped		Operating	Stopped*1	Stopped	
Main CR clock	Stopped*2	Operating	Stopped		Stopped*2	Operating	Stopped	
Subclock	Operating*3		Operating	Operating*3	Operating*3		Operating	Operating*3
Sub-CR clock	Operating*4		Operating*4	Operating	Operating*4		Operating*4	Operating
CPU	Operating		Operating		Stopped		Stopped	
ROM	Operating		Operating		Value held		Value held	
RAM								
I/O ports	Operating		Operating		Output held		Output held	
Timebase timer	Operating		Stopped		Operating		Stopped	
Watch prescaler	Operating*3, *4		Operating		Operating*3, *4		Operating	
External interrupt	Operating		Operating		Operating		Operating	
Hardware watchdog timer	Operating		Operating		Operating*5		Operating*5	
Software watchdog timer	Operating		Operating		Stopped		Stopped	
Low-voltage detection reset	Operating		Operating		Operating		Operating	
Other peripheral functions	Operating		Operating		Operating		Operating	

表 3-3. 待机模式和时钟模式的组合以及内部运行状态（2）

Function	Timebase timer		Watch prescaler		Stop			
	Main clock mode	Main CR clock mode	Subclock mode (Dual external clock prod-uct)	Sub-CR clock mode	Main clock mode	Main CR clock mode	Subclock mode (Dual external clock prod-uct)	Sub-CR clock mode
Main clock	Operating	Stopped*1	Stopped		Stopped			
Main CR clock	Stopped*2	Operating	Stopped		Stopped			
Subclock	Operating*3		Operating	Operating*3	Operating*3		Stopped	
Sub-CR clock	Operating*4		Operating*4	Operating	Operating*4		Stopped	
CPU	Stopped		Stopped		Stopped			
ROM	Value held		Value held		Value held			
RAM								
I/O ports	Output held / Hi-Z		Output held		Output held/Hi-Z			
Timebase timer	Operating		Stopped		Stopped			
Watch prescaler	Operating*3, *4		Operating		Operating*3, 4		Stopped	
External interrupt	Operating		Operating		Operating			
Hardware watchdog timer	Operating*5		Operating*5		Operating*5			
Software watchdog timer	Stopped		Stopped		Stopped			
Low-voltage detection reset	Operating		Operating		Operating			
Other peripheral functions	Stopped		Stopped		Stopped			

3.3.2 待机模式的功耗

以 MB95F264 为例，不同的待机模式功耗也不尽相同。表 3-4 列出了各种待机模式的功耗。

表 3-4. 待机模式的功耗

模式名称	功耗		电压	时钟频率	温度
	典型值	最大值			
休眠方式	5.5 mA	9 mA	5.5 VCC	32MHz	+25℃
停止方式	3.5μA	22.5μA	5.5 VCC	32kHz	+25℃
时基定时器模式	1.1 mA	3 mA	5.5 VCC	32MHz	+25℃
计时模式	5μA	30μA	5.5 VCC	32kHz	+25℃

3.3.3 不同待机模式间的切换

有时如果只采用一种时钟模式，也许不能满足系统功能和低功耗的要求。因此除了运行模式，可采用全部四种时钟模式或者部分模式。MCU 可在这些模式之间切换以满足不同的要求。图 3-3 和图 3-4 显示了这些模式之间的切换。

图 3-3. 待机模式状态切换图（双外部时钟产品）

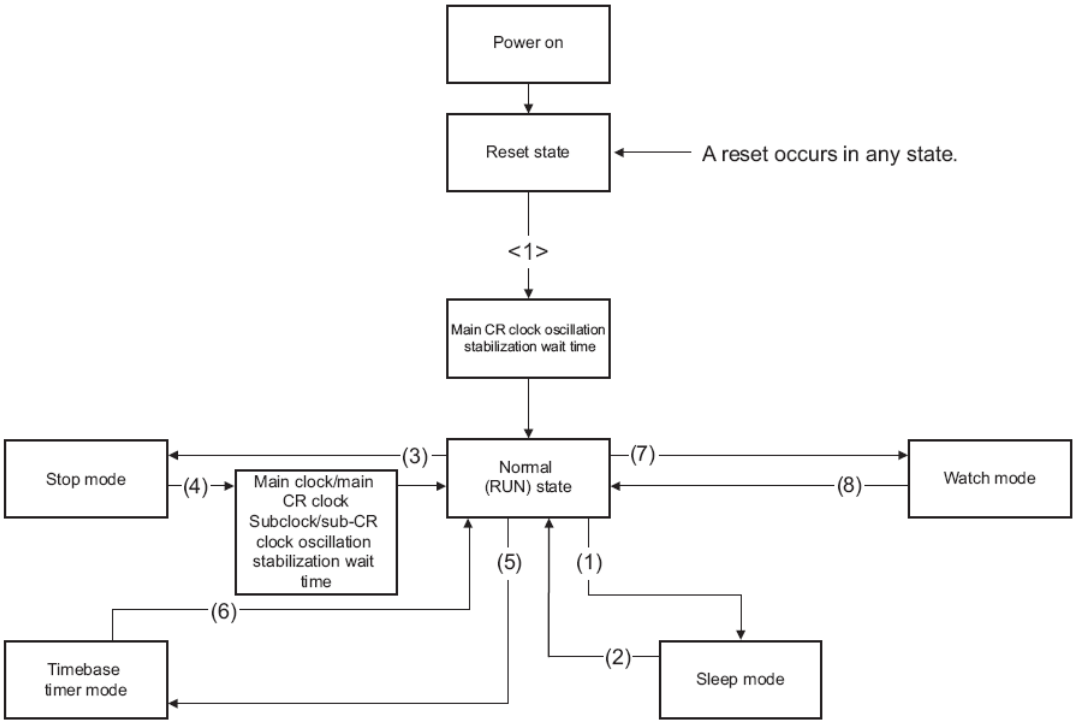
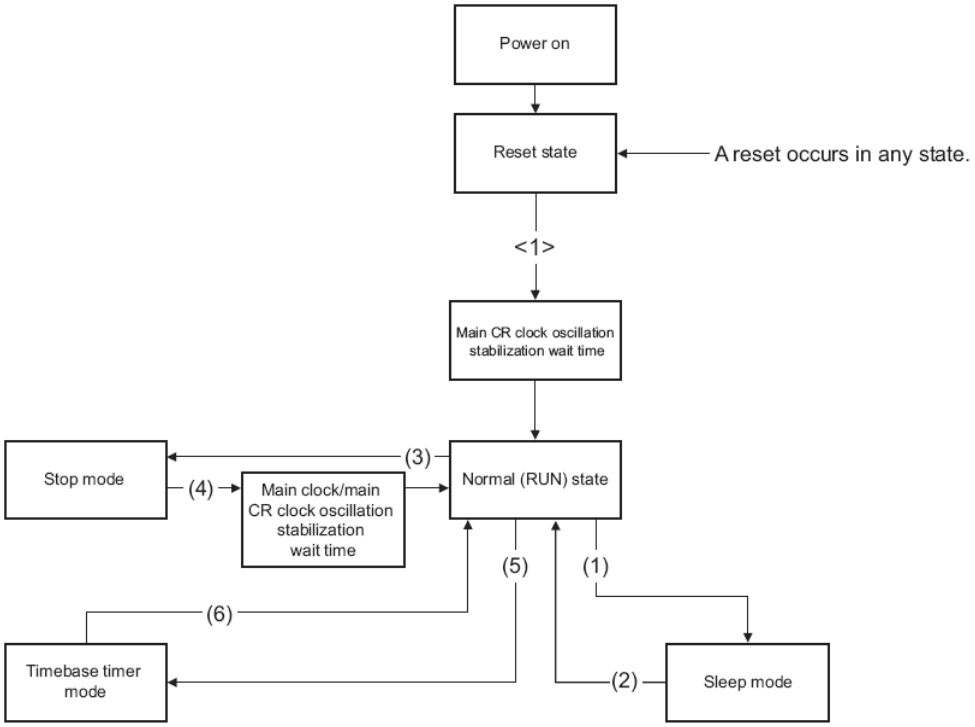


图 3-4. 待机模式状态切换图（单外部时钟产品）



3.3.4 低功耗的时钟设置实例

以下是两个简单的例子：

汽车警报器在正常运行状态下选择主时钟为 MCLK 时钟，进入休眠模式后切换至副时钟（32.768 KHz）。

烟雾检测器或其他低频系统选择 200K 的副 CR 时钟作为 MCLK 已足够。这类系统只需要在非常低的频率下工作，且不关注实时功能。

4 软件策略

合适的软件可减少功耗，这点常被用户忽略。在减少功耗方面，很难在固件上找缺陷，并且目前没有的严格标准来判断固件是否有低功耗特征。然而，还是有些方法可避免由固件缺陷导致的不必要功耗。

4.1 采用中断而不是查询

对简单应用来说，采用中断或查询并不重要，但是对低功耗系统来说很重要。使用中断时， CPU 不需要做任何事，甚至进入停止模式（低功耗模式）。使用查询时，CPU 必须连续访问输入/输出寄存器，因此会产生更多功耗。

4.2 采用宏而不是子程序

我们都知道访问 RAM 会比访问 FLASH 产生更多功耗。使用子程序需要四个步骤：

1. 保存参数至堆栈。
2. 保存寄存器至堆栈。
3. 保存结果。
4. 恢复寄存器。

这四个步骤需要访问 RAM。要解决这个问题，可使用宏而不是子程序。这样就不需要执行访问 RAM 的四个步骤。但是有一个问题，代码的长度增加了。幸运的是 F²MC-8FX 家族 8 位微型控制器系列 MCU 的闪存大小为 4K -60K 字节，可选择不同的 MCU 来满足不同的应用。

4.3 减少计算

目前有多种方法可用于减少 MCU 计算。

4.3.1 查询表

首先获取计算数据结果，制成数据表，并保存至 MCU 的闪存中。然后，MCU 通过查询数据表获取数据。这样，将减少大量实时计算，从而降低功耗。

4.3.2 精度满足后停止计算

有时必须进行一些实时计算，如果有精度要求，可在精度满足后停止演算。这样将减少很多不必要的实时计算，从而减少功耗。

4.3.3 采用合适的数据类型

采用合适的数据类型，例如使用 8 位数据，而不是 16 位数据，使用分数计算到而不是浮点数计算。这样将减少一些不必要的计算，从而减少功耗。

4.3.4 采用 Cypress Math API

采用 Cypress Math API，而不是 Cypress 编译器自带的 Math Lib。

Cypress Math API 适用于所有系列的 F²MC-8FX 8 位微型控制器。Math API 能更高效率地进行计算。与 F²MC-8FX 编译器的数学算法相比，此 Math API 中需要实施更加高级的乘除法 API。

参见 MCU-AN-500073-E-14 以及相关工程了解更多详细信息。

表 4-1 列出了 Cypress Math API 的性能。这样将减少很多不必要的计算，从而减少功耗。

表 4-1.Math API 和 Cypress 编译器自带的数学 Lib 的性能比较

	C Compiler Math Lib				Math API			
计算	次数	MCLK	ROM	RAM	次数	MCLK	ROM	RAM
UChar*Uint	10	252	127	10	2	87	40	8
UInt*Uint	10	252	127	10	4	168	88	10
ULong*Uchar	10	252	127	10	4	157	79	12
ULong*Uint	10	252	127	10	7	212	107	12
ULong/Uchar	0	1614	238	12	0	1327	80	12
ULong/Uint	0	1614	238	12	0	1320	76	12

注： 次数：API 使用 MULU/DIVU 的次数
MCLK ： Math API 使用的机器时钟个数
ROM ： Math API 使用 ROM 的字节数
RAM ： Math API 使用 RAM（堆栈）的字节数

4.4 关闭未使用的模块

要减少功耗，可关闭未使用的 MCU I/O 和外围功能，并及时关闭不连续使用的 MCU I/O 和外围功能。

一些外围模块，例如 RS232 模块，会消耗功率。因此，可使用 1 个 I/O 对其进行引脚控制。模块未使用时，其电源将被 MCU 关闭。

设置未使用的 I/O 引脚至输入/输出，通过上拉电阻上拉至 Vcc。因为如果这些引脚没有被初始化，将增加电流泄漏。

5 更多信息

如欲了解有关 Cypress 产品的更多详情，敬请访问以下网址：

http://www.cypress.com/cypress-microcontrollers

文档修改记录

文档标题：AN204959 - F²MC-8FX 家族 8 位微型控制器 低功耗策略

文档编号： 002-05707

修订版	ECN	变更者	提交日期	变更说明
**	—	HUAL	12/07/2009	初稿
			01/08/2009	增加细节描述
			01/12/2009	增加 3.3.4 节
			01/14/2009	更新错误表达
*A	5338006	HUAL	07/05/2016	已将 Spansion 应用手册《MCU-AN-500074-Z-13》转换成 Cypress 格式。

全球销售和设计支持

赛普拉斯公司拥有一个由办事处、解决方案中心、厂商代表和经销商组成的全球性网络。如果想要查找离您最近的办事处，请访问赛普拉斯所在地。.

产品

ARM® Cortex®微控制器	cypress.com/arm
汽车级	cypress.com/automotive
时钟与缓冲器	cypress.com/clocks
接口	cypress.com/interface
照明和电源控制	cypress.com/powerpsoc
存储器	cypress.com/memory
PSoC	cypress.com/psoc
触摸感应	cypress.com/touch
USB 控制器	cypress.com/usb
无线/射频	cypress.com/wireless

PSoC® 解决方案

PSoC 1 | PSoC 3 | PSoC 4 | PSoC 5LP

赛普拉斯开发者社区

论坛 | 项目 | 视频 | 博客 | 培训 | 组件

技术支持

cypress.com/support

PSoC 是赛普拉斯半导体公司的注册商标。PSoC Creator 是赛普拉斯半导体公司的商标。 此处引用的所有其他商标或注册商标都归其各自所有者所有。

赛普拉斯半导体
198 Champion Court
San Jose, CA 95134-1709

电话 : 408-943-2600
传真 : 408-943-4730
网站地址 : www.cypress.com

©赛普拉斯半导体公司，2009-2016 年。本文件是赛普拉斯半导体公司及其子公司，包括 Spansion LLC（“赛普拉斯”）的财产。本文件，包括其包含或引用的任何软件或固件（“软件”），根据全球范围内的知识产权法律以及美国与其他国家签署条约由赛普拉斯所有。除非在本款中另有明确规定，赛普拉斯保留在该等法律和条约下的所有权利，且未就其专利、版权、商标或其他知识产权授予任何许可。如果软件并不附随有一份许可协议且贵方未以其他方式与赛普拉斯签署关于使用软件的书面协议，赛普拉斯特此授予贵方属个人性质的、非独家且不可转让的如下许可（无再许可权）（1）在赛普拉斯特软件著作权项下的下列许可权（一）对以源代码形式提供的软件，仅出于在赛普拉斯硬件产品上使用之目的且仅在贵方集团内部修改和复制软件，和（二）仅限于在有关赛普拉斯硬件产品上使用之目的将软件以二进制代码的形式向外部最终用户提供（无论直接提供或通过经销商和分销商间接提供），和（2）在被软件（由赛普拉斯公司提供，且未经修改）侵犯的赛普拉斯专利的权利主张项下，仅出于在赛普拉斯硬件产品上使用之目的制造、使用、提供和进口软件的许可。禁止对软件的任何其他使用、复制、修改、翻译或汇编。
在适用法律允许的限度内，赛普拉斯未对本文件或任何软件作出任何明示或暗示的担保，包括但不限于关于适销性和特定用途的默示保证。在适用法律允许的限度内，赛普拉斯保留更改本文件的权利，届时将不另行通知。赛普拉斯不对因应用或使用本文件所述任何产品或电路引起的任何后果负责。本文件，包括任何样本设计信息或程序代码信息，仅为参考之目的提供。文件使用人应负责正确设计、计划和测试信息应用和由此生产的任何产品的功能和安全性。赛普拉斯产品不应被设计为、设定为或授权用作武器操作、武器系统、核设施、生命支持设备或系统、其他医疗设备或系统（包括急救设备和手术植入物）、污染控制或有害物质管理系统中的关键部件，或产品植入之设备或系统故障可能导致人身伤害、死亡或财产损失的其他用途（“非预期用途”）。关键部件指，若该部件发生故障，经合理预期会导致设备或系统故障或会影响设备或系统安全性和有效性的部件。针对由赛普拉斯产品非预期用途产生或相关的任何索赔、费用、损失和其他责任，赛普拉斯不承担全部或部分责任且贵方不应追究赛普拉斯之责任。贵方应赔偿赛普拉斯因赛普拉斯产品任何非预期用途产生或相关的所有索赔、费用、损失和其他责任，包括因人身伤害或死亡引起的索赔，并使之免受损失。
赛普拉斯、赛普拉斯徽标、Spansion、Spansion 徽标，及上述项目的组合，及 PSoC、CapSense、EZ-USB、F-RAM 和 Traveo 应视为赛普拉斯在美国和其他国家的商标或注册商标。敬请访问 cypress.com 获取赛普拉斯商标的完整列表。其他名称和品牌可能由其各自所有者主张为该方财产。