

# SAM E70/S70/V70/V71 到 PIC32CZ CA80/CA9x 单片机 (MCU) 的移植指南

AN5891



[产品页链接](#)

## 简介

PIC32CZ CA80/CA9x 系列单片机与 SAM E70/S70/V70/V71 系列单片机兼容，不仅扩展了存储容量和外设功能，更集成了高级安全功能，例如硬件安全模块（Hardware Security Module, HSM）、安全引导和密钥存储。该系列提供最多 208 引脚的高引脚数型号。

表 1. SAM E70/S70/V70/V71 系列产品线

| 系列      | 内核              | 产品线               | 应用   |
|---------|-----------------|-------------------|--|
| SAM S7x | Arm® Cortex®-M7 | SAM S70           | 支持摄像头、加密和四线 SPI (QSPI)   |
| SAM E7x | Arm Cortex-M7   | SAM E70           | 支持摄像头、加密、四线 SPI (QSPI) 和连接功能   |
| SAM V7x | Arm Cortex-M7   | SAM V70 和 SAM V71 | 面向媒体的系统传输 (Media-Oriented Systems Transport, MOST®) 技术、CAN FD、以太网音频视频桥接 (Audio Video Bridging, AVB) 连接和汽车。 |

表 2. PIC32CZ CA80/CA9x 系列产品线

| 系列           | 内核              | 产品线                         | 应用         |
|--------------|-----------------|-----------------------------|------------|
| PIC32CZ CA80 | Arm® Cortex®-M7 | PIC32CZ CA80                | 连接         |
| PIC32CZ CA9x | Arm Cortex-M7   | PIC32CZ CA90 和 PIC32CZ CA91 | 连接、汽车和安全应用 |

本文档对不同产品线的各种功能进行了全面的比较。该信息可帮助用户确定 PIC32CZ CA 80/CA9x 系列 MCU 能否替代 SAM E70/S70/V70/V71 系列 MCU。

# 目录

|  |    |
|--|----|
| 简介.....  | 1  |
| 1. 配置汇总.....   | 3  |
| 2. 不同产品线的交叉兼容性.....  | 5  |
| 3. 兼容的外设.....  | 9  |
| 3.1. SAM E70/S70/V70/V71 上的 TWIHS 与 PIC32CZ CA80/9x 上的 I <sup>2</sup> C..... | 9  |
| 3.2. SAM E70/S70/V70/V71 上的 AFE 与 PIC32CZ CA80/9x 上的 ADC.....                | 9  |
| 3.3. 通信外设.....   | 9  |
| 3.4. 中断处理和 I/O 线控制.....  | 10 |
| 4. PIC32CZ CA80/9x 系列独有特性.....   | 11 |
| 5. 入门.....   | 12 |
| 6. 常见问题.....   | 14 |
| 7. 参考资料.....   | 17 |
| 8. 版本历史.....   | 18 |
| Microchip 信息.....  | 19 |
| 商标.....  | 19 |
| 法律声明.....  | 19 |
| Microchip 器件代码保护功能.....  | 19 |
| 产品页链接.....   | 20 |

## 1. 配置汇总

表 1-1. 内核、工作条件和存储器配置汇总比较

| 外设/特性                                  | SAM E70/S70/V70/V71   | PIC32CZ CA 80/CA9x                             |
|--|---|--|
| 内核                                     | Arm® Cortex®-M7   | Arm Cortex-M7                                  |
| SRAM                                   | 最大 384 KB   | 最大 1024 KB                                     |
| 闪存                                     | 最大 2 MB   | 最大 8 MB  |
| HSM RAM                                | 无   | 128/256 KB (注 1)                               |
| TrustRAM                               | 无   | 最大 8 KB  |
| CPU 速度                                 | 最高 300 MHz  | 最高 300 MHz                                     |
| 电压工作条件                                 | 对于通过 AEC-Q100 2 级认证的器件，采用 3.0V 至 3.6V 的单电源电压。<br>对于工业级温度器件，采用 1.7V 至 3.6V 的单电源电压。 | 1.75V 至 1.85V 的单电源电压。<br>1.75V 至 3.63V 的单电源电压。 |
| 温度工作条件                                 | -40°C 至 +105°C  | -40°C 至 +85°C                                  |
| 存储器保护单元 (Memory Protection Unit, MPU)  | 16 个区域  | 8 个区域  |
| DSP Thumb®-2 兼容指令集                     | 有   | 有  |
| 乘积累加单元 (Multiply Accumulate Unit, MAC) | 无   | 有  |
| L1 高速缓存                                | 有   | 有  |
| 紧耦合存储器 (Tightly Coupled Memory, TCM)   | 最高 256 KB   | 最高 256 KB                                      |
| 外部总线接口 (External Bus Interface, EBI)   | 有   | 有  |
| 嵌入式跟踪模块 (Embedded Trace Module, ETM)   | 有   | 有  |
| 乘积累加单元 (Multiply Accumulate Unit, MAC) | 有   | 有  |

注:

1. PIC32CZ CA80 没有 HSM RAM，PIC32CZ CA90 具有 128 KB HSM RAM，PIC32CZ CA91 具有 256 KB HSM RAM。

表 1-2. 模拟外设汇总

| 外设/特性   | SAM E70/S70/V70/V71 | PIC32CZ CA 80/CA9x |
|---|---------------------|--------------------|
| 12 位模数转换器 (Analog-to-Digital Converter, ADC) 通道     | 最多 24 个             | 最多 34 个 (注 1)      |
| 模拟比较器 (Analog Comparators, AC)                      | 1                   | 2                  |
| 数模转换器 (Digital-to-Analog Converter, DAC) 通道         | 最多 2 个              | 最多 2 个 (注 2)       |
| 模拟前端控制器 (Analog Front-End Controller, AFEC) (温度传感器) | 有                   | 无 (注 3)            |
| ACC/AC  | 有                   | 有                  |

注:

1. PIC32CZ CA 80/CA9x 最多具有 4 个 ADC。
2. PIC32CZ CA 80/CA9x 的 AC 中最多具有 2 个 DAC 通道。
3. PIC32CZ CA80/CA9x 提供 ADC。

更多信息，请参见[数据手册](#)中的[信号说明](#)部分。

表 1-3. 数字和时序外设汇总

| 外设/特性   | SAM E70/S70/V70/V71 | PIC32CZ CA 80/CA9x |
|---|---------------------|--------------------|
| 直接存储器访问 (Direct Memory Access, DMA) 通道        | 24                  | 最多 16 个            |
| 用于控制的定时器/计数器 (Timer/Counter for Control, TCC) | 无                   | 10                 |

表 1-3. 数字和时序外设汇总（续）

| 外设/特性   | SAM E70/S70/V70/V71 | PIC32CZ CA 80/CA9x |
|---|---------------------|--------------------|
| 定时器/计数器 (Timer/Counter, TC)                           | 有 (4)               | 见注                 |
| 实时计数器 (Real-Time Counter, RTC)                        | 有                   | 有                  |
| 看门狗定时器 (Watchdog Timer, WDT)                          | 有                   | 有                  |
| 增强型安全看门狗定时器 (Reinforced Safety Watchdog Timer, RSWDT) | 有                   | 无                  |
| 频率计 (FREQM)   | 无                   | 有                  |
| 实时定时器 (Real-Time Timer, RTT)                          | 有                   | 有                  |
| 脉宽调制 (Pulse-Width Modulation, PWM)                    | 有 (2)               | 见注                 |

注：备用外设在[交叉兼容性](#)部分列出。

表 1-4. 安全子系统汇总

| 外设/特性  | SAM E70/S70/V70/V71 | PIC32CZ CA 80/CA9x |
|--|---------------------|--------------------|
| 硬件安全模块 (HSM)                                 | 无                   | 有                  |
| 高级加密标准 (Advanced Encryption Standard, AES)   | 有                   | 有                  |
| 安全哈希算法 (Secure Hash Algorithm, SHA)          | 有                   | 有                  |
| 椭圆曲线加密 (Elliptic Curve Cryptography, ECC)    | 无                   | 有                  |
| Rivest - Shamir - Adleman (RSA)              | 无                   | 有                  |
| 真随机数发生器 (True Random Number Generator, TRNG) | 有                   | 有                  |
| 安全引导   | 无                   | 有                  |
| 篡改检测 (Tamper Detection, TD)                  | 有                   | 有                  |
| 完整性检查监视器 (Integrity Check Monitor, ICM)      | 有                   | 无                  |

表 1-5. 通信外设汇总

| 外设/特性   | SAM E70/S70/V70/V71 | PIC32CZ CA 80/CA9x |
|---|---------------------|--------------------|
| SERCOM (注 1)  | 无                   | 最多 10 个            |
| 通用同步/异步收发器/通用异步收发器 (USART/UART)                                     | 3/5                 | 无                  |
| 高速双线接口 (Two Wire Interface High Speed, TWIHS)                       | 3                   | 无                  |
| I <sup>2</sup> C  | 无                   | 有 (注 1)            |
| 四线串行外设接口 (Quad Serial Peripheral Interface, QSPI)                   | 有                   | 有 (SQI)            |
| 串行外设接口 (Serial Peripheral Interface, SPI)                           | 有                   | 有 (注 1)            |
| 同步串行控制器 (Synchronous Serial and Controller, SSC) (注 2)              | 有                   | 无                  |
| 图像传感器接口 (Image Sensor Interface, ISI)                               | 有                   | 无                  |
| I <sup>2</sup> S 控制器 (Inter-IC Sound Controller, I <sup>2</sup> SC) | 有 (注 2)             | 有                  |
| 高速多媒体卡接口 (High-Speed Multimedia Card Interface, HSMCI) 端口/位         | 有                   | 有 (2 个 SDHC 接口)    |
| I/O 引脚  | 最多 114 个            | 最多 157 个           |
| USB   | 有                   | 有                  |

注：

1. 与 PIC32CZ CA 80/CA9x 系列不同，SAM E70/S70/V70/V71 系列未配备通用的 SERCOM 接口，而是在专用引脚上提供了专用的 UART、TWIHS、SPI 和 QSPI 接口以用于通信。
2. 支持 I<sup>2</sup>S 和 TDM 的 SSC。

## 2. 不同产品线的交叉兼容性

表 2-1. SAM E70/S70/V70/V71 与 PIC32CZ CA80/9x 上提供外设的比较

| 外设  | 系列                                 |                          | 备注   | 功能  | 其他系列上的<br>备用外设  |
|---|------------------------------------|--------------------------|--|---|---|
|   | SAM<br>E70/S<br>70/V<br>70/V<br>71 | PIC32CZ<br>CA80/<br>CA9x |  |   |   |
| 外部中断控制器<br>(External<br>Interrupt<br>Controller, EIC) | 无                                  | 有                        | SAM<br>E70/S70/V70/V71 系<br>列不提供 EIC                                   | PIC32CZ CA80/CA9x 上的 EIC 本质上是一种通过检测和响应外部信号来管理外部中断的控制器。该外设使单片机能够高效处理外部事件，在不需要软件连续轮询这些事件的情况下触发相应的中断，对事件进行优先级排序，并实现休眠模式下的低功耗唤醒。  | PIO   |
| 并行输入/输出<br>(PIO)                                      | 有                                  | 无                        | PIC32CZ CA80/CA9x<br>系列不提供 PIO   | PIC32CZ CA80/CA9x 系列单片机上的 PIO 是指管理用于与外部器件接口的通用输入/输出 (General-Purpose Input/Output, GPIO) 引脚的一组功能。PIC32CZ 系列中的 PIO 系统可以灵活控制单片机的 I/O 引脚，允许将其配置为输入、输出，甚至用于其他功能（例如通信接口或外设）。由于 SAM 系列不提供 EIC，因此该 PIO 负责管理中断。 | EIC   |
| TWIHS   | 有                                  | 无                        | PIC32CZ CA80/CA9x<br>系列不提供 TWIHS                                       | I <sup>2</sup> C 兼容通信接口。  | I <sup>2</sup> C (SERCOM<br>可配置为<br>I <sup>2</sup> C) |
| I <sup>2</sup> C                                      | 无                                  | 有                        | SAM<br>E70/S70/V70/V71 系<br>列不提供 I <sup>2</sup> C                      | 通信接口。   | TWIHS   |
| 外设触摸控制器<br>(Peripheral<br>Touch<br>Controller, PTC)   | 无                                  | 有                        | SAM<br>E70/S70/V70/V71 系<br>列不提供该外设                                    | PIC32CZ CA80/CA9x 系列单片机上的 PTC 是一种专为触摸检测应用而设计的专用硬件外设。该外设提供了一种快速高效的方式来与电容式触摸传感器接口，并在各种表面（如按钮、滑动条或触摸板）上检测触摸输入。   | SAM<br>E70/S70/V70/V<br>71 系列没有类<br>似 PTC 的外<br>设。    |
| AFE   | 有                                  | 无                        | PIC32CZ CA80/CA9x<br>系列不提供 AFE   | 具有扩展功能的高级 ADC 外设。   | ADC   |
| ADC   | 无                                  | 有                        | SAM<br>E70/S70/V70/V71 系<br>列不提供 ADC                                   | 更多详细信息，请参见以下部分。   | AFE   |
| SERCOM  | 无                                  | 有                        | SAM<br>E70/S70/V70/V71 系<br>列不提供 SERCOM                                | SAM E70/S70/V70/V71 系列提供专用的引脚以充当 TWIHS、SPI、USART 和 UART 等，该系列没有 SERCOM 外设。  | 无   |
| 以太网介质访问控<br>制器 (GMAC)                                 | 有                                  | 有                        | GMAC 与两个单片机<br>系列完全兼容  | GMAC 模块实现了兼容 IEEE <sup>®</sup> 802.3 标准的 10/100 Mbps 以太网 MAC。GMAC 可在所有支持速度下以半双工或全双工模式运行。  | GMAC 在<br>PIC32CZ CA80/<br>CA9x 系列中被<br>称为 ETH        |
| 介质本地总线<br>(Media Local<br>Bus, MLB)                   | 有                                  | 有                        | MLB 与两个单片机<br>系列完全兼容   | MLB 是一种三线接口，可将所有 MOST 网络数据类型（传输方法）映射到 MLB 控制器与至少一个其他 MLB 器件间的单一低成本、可扩展且标准化的硬件接口。  | 无   |
| 控制器局域网/模块<br>化控制器局域网络<br>(CAN/MCAN)                   | 有                                  | 有                        | SAM<br>E70/S70/V70/V71 系<br>列提供 CAN，<br>PIC32CZ CA80/CA9x<br>系列提供 MCAN | MCAN 根据 ISO 11898-1:2015 标准和 Bosch CAN-FD 规范进行通信。需要额外的收发器硬件连接到物理层。  | 无   |
| USB 高速多媒体卡<br>接口 (USBHS)                              | 有                                  | 有                        | 相同   | 通信接口。   | 无   |

表 2-1. SAM E70/S70/V70/V71 与 PIC32CZ CA80/9x 上提供外设的比较 (续)

| 外设  | 系列                                 |                          | 备注  | 功能  | 其他系列上的<br>备用外设   |
|---|------------------------------------|--------------------------|---|---|--|
|   | SAM<br>E70/S<br>70/V<br>70/V<br>71 | PIC32CZ<br>CA80/<br>CA9x |   |   |  |
| QSPI  | 有                                  | 无                        | PIC32CZ CA80/CA9x 系列提供 SQI 而非 QSPI                        | 通信接口。   | SQI  |
| SPI   | 有                                  | 有                        | 两个器件系列中的外设相同  | 通信接口。   | 无 (PIC32CZ CA80/CA9x 上的 SERCOM 可配置为 SPI)   |
| EBI (1)   | 有                                  | 有                        | 两个器件系列中的外设相同  | EBI 允许单片机以受控且高效的方式与外部器件 (例如 SRAM 和闪存等外部存储器、外设或其他外部系统) 进行通信。                                     | 无  |
| 快速闪存编程接口<br>(Fast Flash Programming Interface, FFPI)<br>(5) | 有                                  | 无                        | PIC32CZ CA80/CA9x 系列不提供 FFPI                              | FFPI 使用标准量产编程器提供并行大批量编程。并行接口完全握手, 器件被视为标准 EEPROM。   | 无  |
| AC/ACC  | 有                                  | 有                        | SAM E70/S70/V70/V71 系列提供 ACC, PIC32CZ CA80/CA9x 系列提供 AC   | AC 由两个独立的比较器组成。每个比较器 (COMP) 比较两个输入端的电压大小, 并根据此比较结果输出数字信号。<br>每个比较器均可配置为在多种输入变化组合下产生中断请求和/或外设事件。 | 大致相似。  |
| 嵌入式闪存控制器<br>(Embedded Flash Controller, EFC)                | 有                                  | 无                        | PIC32CZ CA80/CA9x 系列不提供 EFC                               | 增强型嵌入式闪存控制器 (Enhanced Embedded Flash Controller, EEFC) 提供闪存块与 32 位内部总线的接口。                      | 无  |
| PWM   | 有                                  | 无                        | PIC32CZ CA80/CA9x 系列不直接提供 PWM, 而是在 TCC 外设中内置 PWM 模块       | 该外设根据每个通道定义的参数独立在 4 个通道上产生输出脉冲。   | TCC  |
| TCC   | 无                                  | 有                        | SAM E70/S70/V70/V71 系列不提供 TCC                             | TCC 模块为高级定时器和 PWM 发生器。  | PWM  |
| UART  | 有                                  | 有                        | 外设设计略有不同  | 通信接口。   | 无 (PIC32CZ CA80/9x 上的 SERCOM 可配置 UART (通过可配置的焊盘实现), 但 SAM E70/S70/V70/V71 没有此功能) |
| TC  | 有                                  | 无                        | PIC32CZ CA80/CA9x 系列不提供 TC                                | TC 是一种许多单片机 (包括 SAM E7x 系列) 都提供的多功能外设, 作用是产生延时。   | TCC  |
| DACC/DAC (2)  | 有                                  | 有                        | 与 SAM E70/S70/V70/V71 系列不同, PIC32CZ CA80/CA9x 系列不直接提供 DAC | DAC 是一种将数字数据 (通常是二进制) 转换为连续模拟信号的外设。   | 无  |

表 2-1. SAM E70/S70/V70/V71 与 PIC32CZ CA80/9x 上提供外设的比较 (续)

| 外设  | 系列                                 |                          | 备注   | 功能   | 其他系列上的<br>备用外设 |
|---|------------------------------------|--------------------------|--|--|----------------|
|   | SAM<br>E70/S<br>70/V<br>70/V<br>71 | PIC32CZ<br>CA80/<br>CA9x |  |  |                |
| 串行线调试<br>(Serial Wire<br>Debug, SWD) /<br>JTAG 边界扫描     | 有                                  | 有                        | 两个器件系列都提供<br>该外设   | 用于调试和测试单片机及嵌入式系统中的接口。这两个接口都提供了编程、调试和测试嵌入式系统的机制。  | 无              |
| SDIO/SDHC/MMC<br>或 HSMCI                                | 有                                  | 有                        | 两个器件系列都提供<br>该外设, SAM<br>E70/S70/V70/V71 系<br>列提供 SDHC,<br>PIC32CZ CA80/CA9x<br>系列提供 HSMCI | 支持嵌入式多媒体卡 (embedded MultiMedia Card, eMMC) 规范、SD 存储器卡规范和 SDIO 规范。它符合 SD 主机控制器标准规范。   | 无              |
| SSC (6)   | 有                                  | 无                        | PIC32CZ CA80/CA9x<br>系列不提供 SSC   | SSC 提供与外部器件的同步通信链路。它支持音频和电信应用中常用的多个同步通信协议, 如 I <sup>2</sup> S、短帧同步和长帧同步等。  | 无              |
| HSM (7)   | 无                                  | 有                        | SAM<br>E70/S70/V70/V71 系<br>列不提供 HSM   | 该外设可安全地生成、存储并管理加密密钥, 执行加密和解密, 并为敏感数据提供防篡改环境。   | 无              |
| MCRAMC  | 无                                  | 有                        | SAM<br>E70/S70/V70/V71 系<br>列不提供 MCRAMC  | MCRAMC 具有可对数据进行单个位错误纠正和双位错误检测 (Single Error Correction and Double Error Detection, SECEDED) 的 ECC, 以及用于测试的 ECC 错误注入与 ECC 错误状态报告。 | 无              |
| 外设访问控制器<br>(Peripheral<br>Access<br>Controller,<br>PAC) | 无                                  | 有                        | SAM<br>E70/S70/V70/V71 系<br>列不提供 PAC   | PAC 是一种通过控制和管理单片机中外设资源的访问来增强系统安全性、稳定性和稳健性的机制。通过强制执行访问权限并防止对外设寄存器的未授权访问, PAC 能够保护关键系统资源免受意外或恶意修改。该机制在需要故障隔离、安全性和可靠外设资源管理的应用中尤为实用。 | 无              |
| WDT   | 有                                  | 有                        | 两个器件系列都提供<br>该外设   | WDT 的主要用途是 <i>监视</i> 系统的运行。它通过不断跟踪程序或应用程序的执行来实现这一点。如果系统在指定时间内未复位或“馈送”看门狗定时器, WDT 会认为系统出现了问题 (如应用无响应或死机), 随即会启动恢复机制。              | 无              |
| RTC   | 有                                  | 有                        | 两个器件系列都提供<br>该外设   | RTC 设计为 <i>独立于主单片机</i> 运行, 通常使用 <i>单独的低功耗时钟源</i> , 例如 <i>晶振</i> 或 <i>外部 32.768 kHz 晶振</i> 。这可确保当单片机本身处于低功耗或休眠模式时, RTC 可以继续运行。    | 无              |
| 直接存储器访问控<br>制器/可扩展 DMA<br>控制器 (DMAC/<br>XDMAC)          | 有                                  | 有                        | PIC32CZ CA80/CA9x<br>系列提供 DMAC,<br>SAM<br>E70/S70/V70/V71 系<br>列提供 XDMAC                   | DMAC 是单片机中的一个外设, 可在 <i>存储器与外设之间</i> (或两个存储单元之间) 实现 <i>高效的高速数据传输</i> , 无需 CPU 参与该过程。这样, CPU 便无需管理数据传输任务, 专注于其他处理任务, 从而提升整体系统性能。   | 无              |
| ISI (3)   | 有                                  | 无                        | PIC32CZ CA80/CA9x<br>系列不提供 ISI   | ISI 将 CMOS 型图像传感器连接到处理器, 并提供各种格式的图像捕捉。如果需要, ISI 会在通过 DMA 存储到存储器之前执行数据转换。   | 无              |
| RSWDT (4)   | 有                                  | 无                        | PIC32CZ CA80/CA9x<br>系列不提供 RSWDT   | 增强型安全看门狗定时器 (RSWDT) 与看门狗定时器 (WDT) 并行工作, 以进一步提升系统的安全看门狗功能。  | 无              |

表 2-1. SAM E70/S70/V70/V71 与 PIC32CZ CA80/9x 上提供外设的比较 (续)

| 外设  | 系列                                 |                          | 备注  | 功能   | 其他系列上的<br>备用外设 |
|---|------------------------------------|--------------------------|---|--|----------------|
|   | SAM<br>E70/S<br>70/V<br>70/V<br>71 | PIC32CZ<br>CA80/<br>CA9x |   |  |                |
| TRNG                                      | 有                                  | 有                        | 两个器件系列都提供该外设  | TRNG 是一种基于硬件的组件，用于以真正不可预测的方式生成随机数（基于物理过程而非算法方法）。与基于确定性算法生成随机数的伪随机数发生器（Pseudo-Random Number Generators, PRNG）不同，TRNG 利用不可预测物理现象产生的熵来生成随机值。                    | 无              |
| SPI/I <sup>2</sup> S/I <sup>2</sup> S 控制器 | 有                                  | 有(8)                     | SAM E70/S70/V70/V71 系列提供 I <sup>2</sup> SC，PIC32CZ CA80/CA9x 系列提供 I <sup>2</sup> SC | I <sup>X</sup> S 控制器支持 I <sup>X</sup> S 音频（最多 8 个声道）。额外的音频编解码器支持包括 TDM，允许在单条数据线上传输多声道数据。TDM 接口与双声道串行音频接口 I <sup>2</sup> S 相似，区别在于 TDM 可在单个采样帧或采样周期内传输更多声道数据。 | 无              |

## 注：

1. PIC32CZ CA80/CA9x 系列上的 EBI 仅在 176 引脚和 208 引脚型号上提供。
2. PIC32CZ CA80/CA9x 系列的 ADC 外设内置 DAC。
3. ISI 为 SAM E70/S70/V70/V71 系列独有，可将 CMOS 型图像传感器连接到处理器，并提供各种格式的图像捕捉。如果需要，ISI 会在通过 DMA 存储到存储器之前执行数据转换。ISI 支持彩色 CMOS 图像传感器和功能简化的灰度图像传感器。  
更多信息，请参见数据手册中的图像传感器接口 (ISI) 部分。
4. RSWDT 为 SAM E70/S70/V70/V71 系列独有，它与 WDT 并行工作，以增强安全看门狗操作。RSWDT 可用于提升 WDT 提供的安全级别，以防止软件陷入死锁时导致系统锁死。  
有关该外设的更多信息，请参见数据手册中的增强型安全看门狗定时器 (RSWDT) 部分。
5. FFPI 为 SAM E70/S70/V70/V71 系列独有，它使用标准量产编程器提供并行大批量编程。并行接口支持完整握手，该器件可作为标准 EEPROM 使用。此外，并行协议还提供对所有嵌入式闪存功能的优化访问。  
有关该外设的更多信息，请参见数据手册中的快速闪存编程接口 (FFPI) 部分。
6. SSC 为 SAM E70/S70/V70/V71 系列独有，它提供与外部器件的同步通信链路。它支持音频和电信应用中常用的多个同步通信协议，如 I<sup>2</sup>S、短帧同步和长帧同步等。  
有关该外设的更多信息，请参见数据手册中的同步串行控制器 (SSC) 部分。
7. 有关 HSM 的更多信息，请联系 Microchip 销售办事处。签署保密协议 (Non-Disclosure Agreement, NDA) 后即可获取有关此模块的更多详细信息。
8. 在 I<sup>X</sup>S 中，X 可以是 2 或 8。
9. 有关电源和启动注意事项的更多信息，请参见数据手册中的电源注意事项部分。

### 3. 兼容的外设

#### 3.1. SAM E70/S70/V70/V71 上的 TWIHS 与 PIC32CZ CA80/9x 上的 I<sup>2</sup>C

TWIHS 和 I<sup>2</sup>C 协议均用于单片机与外设之间的通信，但它们在速度、配置以及不同单片机系列上的具体实现方面有所不同。下面比较了它们在 SAM E70/S70/V70/V71 和 PIC32CZ CA80/CA9x 器件系列上的不同之处。

下表摘自 *SAM E70/S70/V70/V71 Family Data Sheet (DS60001527)*，其中展示了 TWI 外设与标准 I<sup>2</sup>C 标准的兼容性。

表 3-1. TWI 与 I<sup>2</sup>C 标准的兼容性

| I <sup>2</sup> C 标准   | TWI |
|-----------------------|-----|
| 标准模式速度 (100 kHz)      | 支持  |
| 快速模式速度 (400 kHz)      | 支持  |
| 高速模式 (仅限从器件, 3.4 MHz) | 支持  |
| 7 位或 10 位 (注 1) 从器件寻址 | 支持  |
| 启动字节 (注 2)            | 不支持 |
| 重复启动 (Sr) 条件          | 支持  |
| ACK 和 NACK 管理         | 支持  |
| 输入滤波                  | 支持  |
| 斜率控制                  | 不支持 |
| 时钟延长                  | 支持  |
| 支持多主器件                | 支持  |

注:

1. 仅在主模式下支持 10 位。
2. START + b000000001 + Ack + Sr。

SAM E70/S70/V70/V71 系列 MCU 的用户可以使用 PIC32CZ CA80/CA9x 系列 MCU 上的 I<sup>2</sup>C (SERCOM 可配置为 I<sup>2</sup>C) 外设。

有关 I/O 线说明、功能说明和工作模式的更多信息，请参见 [SAM E70/S70/V70/V71 Data Sheet \(DS60001527\)](#) 中的 *Two-wire Interface (TWIHS)* 部分。

#### 3.2. SAM E70/S70/V70/V71 上的 AFE 与 PIC32CZ CA80/9x 上的 ADC

| 特性    | SAM Ex 系列 (AFE)  | PIC32CZ CA80/9x 系列 (ADC) |
|-------|--|--------------------------|
| 用途    | 模拟信号调理、转换和处理   | 将模拟信号转换为数字值              |
| 包含的组件 | ADC、DAC、可编程增益放大器 (Programmable Gain Amplifier, PGA)、滤波器和模拟多路开关 | ADC (分辨率为 12 位)          |
| 模数转换  | 有, 集成 12 位或 16 位 ADC   | 有, 集成 12 位 ADC           |
| 信号调理  | 内置 PGA、滤波器和输入多路开关, 用于实现信号增强和放大                                 | 无, 只有 ADC, 没有信号调理功能      |
| 分辨率   | 12 位和 16 位 ADC (取决于型号)   | 12 位 ADC                 |

有关这些外设的更多信息，请参见 [SAM E70/S70/V70/V71 Data Sheet \(DS60001527\)](#) 中的 *Analog Front-End Controller (AFEC)* 部分和 [PIC32CZ CA8x/CA9x Family Data Sheet \(DS60001749\)](#) 中的 *Analog-to-Digital Converter (ADC)* 部分。

#### 3.3. 通信外设

1. SAM E70/S70/V70/V71 系列为多种通信协议 (如 TWIHS (兼容 I<sup>2</sup>C)、SPI、UART 和 QSPI 等) 提供了专用引脚。

2. PIC32CZ CA80/CA9x 系列具有 10 个串行通信接口，这些接口可单独配置为 USART、I<sup>2</sup>C 和 SPI 等。

SAM E70/S70/V70/V71 系列 MCU 的用户可以使用 PIC32CZ CA80/CA9x 上的 SERCOM 通过上述协议实现串行通信。

### 3.4. 中断处理和 I/O 线控制

SAM E70/S70/V70/V71 MCU 上的 PIO 与 PIC32CZ CA80/CA9x MCU 上的 EIC。

#### 主要相似点：

- 信号处理：PIO 与 EIC 均管理外部信号（引脚），并且可根据输入状态产生中断或触发事件。
- 中断能力：PIO 与 EIC 均可配置为基于外部引脚状态变化（如上升沿或下降沿）触发中断。

#### 主要差异点：

##### 1. 功能：

- PIO：主要设计用于管理通用 I/O 引脚，可将引脚灵活配置为输入或输出。该外设可基于引脚状态变化触发中断，但更侧重于通用 I/O 控制与接口。PIO 外设是一种更灵活、更广泛的 I/O 处理系统，可用于 GPIO 和通信接口等多种用途。

PIO 控制器的每条 I/O 线均具备以下特性：

去抖滤波器、多驱动能力以及额外的中断模式（支持在任何 I/O 线上检测上升沿、下降沿、低电平或高电平）等。

- EIC：专门设计用于处理外部中断。该外设支持更复杂的边沿检测配置（如上升沿、下降沿或两个边沿），以及滤波、去抖和边沿计数。该外设更为专业，支持由外部事件触发的精确中断管理。

##### 2. 引脚配置：

- PIO 通常具有更广泛的引脚控制选项，除了中断之外，还可配置为处理多种其他功能，例如常规数字 I/O（输入或输出）、模拟功能或专用接口（如 UART 或 SPI）。
- EIC 仅专注于与中断相关的功能，通常支持较少的引脚，重点在于中断触发。

##### 3. 中断优先级和特性：

- PIO 可以触发中断，但在中断优先级、滤波或响应时间的精细控制方面可能不如 EIC。EIC 外设因其专用的中断管理特性，通常更适用于处理关键中断。

## 4. PIC32CZ CA80/9x 系列独有特性

HSM 与 PTC 是 PIC32CZ CA80/9x 系列单片机的两项独有特性，它们提供了额外的安全保护和触摸功能。

下面列出了 PIC32CZ CA80/CA9x 上 HSM 的主要特性：

1. **加密加速：**HSM 为 AES、RSA、ECC 和 SHA 等加密算法提供硬件加速。这减轻了主 CPU 的处理负载并提升了加密任务的整体性能，使得安全操作更快速、更高效。
2. **安全密钥存储：**HSM 包含用于存储加密密钥的 *安全非易失性存储器*。这意味着可以安全存储与访问私钥和证书等敏感信息，即使器件遭受物理攻击，也能最大限度地降低密钥暴露的风险。
3. **安全引导：**HSM 支持安全引导功能，确保器件仅运行经过认证和授权的固件。这样可防止在单片机上执行未经授权的代码，从而在器件上电之初就增强了其完整性。
4. **随机数发生：**HSM 包含 *硬件随机数发生器 (TRNG)*，这对于生成用于密钥生成、nonce 创建和其他加密操作的加密安全随机数至关重要。
5. **篡改检测：**HSM 内置高级篡改检测和响应机制，以防范物理攻击，为抵御试图操纵或从器件中提取数据的行为增加了一层额外的安全保护。

*PIC32CZ CA80/CA9x 系列中的 HSM 之所以突出，是因为它提供了专为高级加密操作、安全密钥管理和篡改检测而设计的专用硬件模块。这使其更适合需要高级别安全性的应用，例如安全引导和安全密钥存储。相比之下，SAM E70/S70/V70/V71 系列虽然提供加密加速器，但并未提供相同级别的专用安全硬件和集成安全特性，这使得配备 HSM 的 PIC32CZ 在安全关键型应用中具有显著优势。*

6. **PTC：***PIC32CZ CA80/9x 系列上的 PTC 是另一项独有特性，因为它提供了直接集成到单片机中的触摸检测功能。其独特性在于：*
  - a. **集成电容式触摸传感：**PTC 可用于实现电容式触摸传感功能（例如，用于按钮、滑动条或接近检测），而无需额外的外部元件。
  - b. **低功耗：**PTC 设计为可在低功耗模式下高效工作，这对于电池供电或功耗敏感型应用至关重要。

## 5. 入门

以下资源可用于 PIC32CZ CA80/9x MCU 系列、MPLAB® Harmony v3 框架、MPLAB 代码配置器（MPLAB Code Configurator, MCC）、内容管理器（Content Manager, CM）和 MPLAB X IDE 的入门。

- **Microchip 开发人员帮助:**
  - 访问 [Microchip 开发人员帮助](#) 网站，其中提供了特定于 PIC32CZ CA 系列器件的文档、教程和示例。
- **社区和支持:**
  - 访问 [Microchip 论坛](#) 和 [Stack Overflow](#)，轻松解决移植过程中遇到的各种问题。Microchip 的社区活跃度高，提供了大量支持帮助用户从其他器件系列移植。
- **示例项目:**
  - 查看 [MPLAB Harmony](#) 和 [MPLAB X IDE](#) 示例集中针对 PIC32CZ CA80/9x 系列器件的示例项目。

### 参考演示:

- [PIC32CZ CA80 Curiosity Ultra 开发板上的入门扩展应用程序](#)
- [PIC32CZ CA90 Curiosity Ultra 开发板上的入门扩展应用程序](#)

### 技术简介:

- [使用 MPLAB® Harmony v3 和 MPLAB 代码配置器（MCC）在 PIC32CZ CAx 单片机上创建第一个应用程序（DS90003348A\\_CN）](#)
- [如何安装 MPLAB Harmony v3 软件开发框架（DS90003232C\\_CN）](#)
- [使用 MCC 创建新的 MPLAB® Harmony v3 项目](#)
- [如何通过向现有的 MPLAB Harmony v3 项目添加新的 PLIB、驱动程序或中间件来构建应用程序（DS90003253A\\_CN）](#)

### 视频:

- [使用 PIC32CZ CA90 Curiosity Ultra 评估板演示应用程序开发](#)
- [如何安装 MPLAB® Harmony v3 和 MCC 入门所需的工具](#)
- [32 位 MCU 摘要 | 使用 Harmony 和 MCC 在 PIC32CZ CA（Arm Cortex M7）上构建更智能的解决方案：工业、汽车和安全](#)
- [PIC32CZ CA90 MCU 上的硬件安全模块（HSM）：特性、优势和使用](#)

### 帮助用户入门 MPLAB Harmony v3 框架的移植指南:

- [MPLAB Harmony v3 项目移植（DS00004495A\\_CN）](#)

### 应用笔记:

- [32 位单片机相关资料和解决方案参考指南（DS70005534A\\_CN）](#)

### 培训模块:

- [MPLAB® Harmony v3 软件框架](#)

### GitHub 资源库:

- [github.com/Microchip-MPLAB-Harmony/csp\\_apps\\_pic32cz\\_ca8x\\_ca9x](https://github.com/Microchip-MPLAB-Harmony/csp_apps_pic32cz_ca8x_ca9x)
- [github.com/Microchip-MPLAB-Harmony/core\\_apps\\_pic32cz\\_ca8x\\_ca9x](https://github.com/Microchip-MPLAB-Harmony/core_apps_pic32cz_ca8x_ca9x)
- [github.com/Microchip-MPLAB-Harmony/crypto\\_apps\\_pic32cz\\_ca9x](https://github.com/Microchip-MPLAB-Harmony/crypto_apps_pic32cz_ca9x)

- [github.com/Microchip-MPLAB-Harmony/gfx\\_apps\\_pic32cz\\_ca](https://github.com/Microchip-MPLAB-Harmony/gfx_apps_pic32cz_ca)
- [github.com/Microchip-MPLAB-Harmony/net\\_apps\\_pic32cz\\_ca](https://github.com/Microchip-MPLAB-Harmony/net_apps_pic32cz_ca)
- [https://github.com/Microchip-MPLAB-Harmony/reference\\_apps\\_pic32cz](https://github.com/Microchip-MPLAB-Harmony/reference_apps_pic32cz)
- [https://github.com/Microchip-MPLAB-Harmony/reference\\_apps](https://github.com/Microchip-MPLAB-Harmony/reference_apps)
- [https://github.com/Microchip-MPLAB-Harmony/quick\\_docs](https://github.com/Microchip-MPLAB-Harmony/quick_docs)

**MPLAB Discover 参考资料:**

- [PIC32CZ CA80](#)
- [PIC32CZ CA9x](#)

## 6. 常见问题

1. **SAM E70/S70/V70/V71** 器件上的现有代码能否以二进制形式兼容地刷写到 **PIC32CZ CA80/9x** 器件上？

**回答：**不能，两者二进制不兼容。

2. 为 **SAM E70/S70/V70/V71** 开发的代码能否直接在 **PIC32CZ CA80/CA9x** 器件上进行编译和运行？

**回答：**不能，无法直接编译和运行。

- 外设标识：按照所提供的指南标识 PIC32CZ CA80/CA9x 上的对应外设。
- 外设配置：在代码中重新配置外设以匹配 PIC32CZ CA80/CA9x 的具体要求，并生成外设库（PLIB）级别的代码。

3. 是否有将项目从 **SAM E70/S70/V70/V71** 移植到 **PIC32CZ CA80/CA9x** 的指南？

**回答：**有。本文档详细提供了两个单片机系列之间的兼容性信息。

- 代码示例：包含适用于两个器件系列的代码片段，以演示移植过程。
- 移植指南：有关移植应用程序的详细说明，请参见特定的移植指南。

下面将基于以上问题进行阐述，并向用户说明需要完成的具体操作。

比较 SAM E70/S70/V70/V71 与 PIC32CZ CA80/CA9x 的入门项目。

以下代码展示了 SAM E70/S70/V70/V71 入门应用程序中 TWIHS、XDMAC、TC0 和 PIO 的回调函数注册。

图 6-1. SAM E70/S70/V70/V71 入门应用程序的代码片段

```
int main ( void )
{
    /* Initialize all modules */
    SYS_Initialize ( NULL );

    TWIHS0_CallbackRegister(i2cEventHandler, 0);
    XDMAC_ChannelCallbackRegister(XDMAC_CHANNEL_0, usartDmaChannelHandler, 0);
    TC0_CH0_TimerCallbackRegister(tc0EventHandler, 0);
    PIO_PinInterruptCallbackRegister(SWITCH_PIN, PIO_User_Handler, 0);
    PIO_PinInterruptEnable(SWITCH_PIN);

    /* Start the timer channel 0*/
    TC0_CH0_TimerStart();

    while ( true )
    {
        if (isTC0TimerExpired == true)
        {
            isTC0TimerExpired = false;
            TWIHS0_WriteRead(TEMP_SENSOR_SLAVE_ADDR, &i2cWrData, 1, i2cRdData, 2);
        }
        if (isTemperatureRead == true)
        {
            isTemperatureRead = false;
            if(changeTempSamplingRate == false)
            {
                temperatureVal = getTemperature(i2cRdData);
                sprintf((char*)uartTxBuffer, "Temperature = %02d F\r\n", temperatureVal);
                LED_Toggle();
            }
        }
        else
    }
```

该应用程序通过 I/O1 Xplained Pro 扩展工具包上的温度传感器读取当前室温。温度读数每 500 ms 在串行控制台上定期显示一次。每次用户按下 SAM E70 Xplained Ultra 评估工具包上的开关 SW0 时，温度值在串行控制台上的显示周期将变为 1s、2s 和 4s，然后又变回 500 ms。因此，每次在串行控制台显示温度时，都会切换 LED（LED3）。

以下代码展示了 PIC32CZ CA80/CA9x 入门应用程序中 SERCOM、DMAC、RTC 和 EIC 的回调函数注册。

图 6-2. PIC32CZ CA90 入门应用程序的代码片段

```

int main ( void )
{
    uint8_t uartLocalTxBuffer[100] = {0};

    /* Initialize all modules */
    SYS_Initialize ( NULL );

    SERCOM0_I2C_CallbackRegister(i2cEventHandler, 0);
    DMA_ChannelCallbackRegister(DMA_CHANNEL_0, UARTDmaChannelHandler, 0);
    RTC_Timer32CallbackRegister(rtcEventHandler, 0);
    EIC_CallbackRegister(EIC_PIN_8, SW0_eventHandler, 0);
    EIC_CallbackRegister(EIC_PIN_7, SW1_eventHandler, 0);
    RTC_Timer32Start();

    while ( true )
    {
        while(false == startTemperatureReading)
        {
            if ((isRTCTimerExpired == true) && (true == isUARTTxComplete))
            {
                isRTCTimerExpired = false;
                isUARTTxComplete = false;
                LED0_Toggle();
                sprintf((char*)uartTxBuffer + TemperatureReadStartMsgLen, "Toggling LED at %s rate \r\n", &timeouts[(uint8_t)tempSampleR
                TemperatureReadStartMsgLen = 0;
                DCACHE_CLEAN_BY_ADDR(uartTxBuffer, sizeof(uartTxBuffer));
                DMA_ChannelTransfer(DMA_CHANNEL_0, uartTxBuffer, \
                (const void *)&(SERCOM1_REGS->USART_INT.SERCOM_DATA), \
                strlen((const char*)uartTxBuffer));

            if(changeTempSamplingRate == true)
            {
                changeTempSamplingRate = false;
                if(tempSampleRate == TEMP_SAMPLING_RATE_500MS)

```

该应用程序演示基于超时的 LED 切换（按下开关 SW0 时 LED0 切换），并在串行终端上打印 LED 切换速率。每次用户按下 PIC32CZ CA90 Curiosity Ultra 开发板上的开关 SW0 时，定期超时将从 500 ms 变为 1s、2s 和 4s，然后又变回 500 ms。

演示应用程序具有扩展功能，在 XPRO 连接器插入 I/O1 Xplained Pro 扩展工具包的情况下可定期打印当前室温。

如上文所述，两个应用程序借助不同的外设实现了相同的目标。

1. TWIHS 与 I<sup>2</sup>C 协议兼容，两个应用程序均通过该协议读取温度。
2. SAM E70/S70/V70/V71 系列使用 XDMAC 与 USART 在串行控制台上打印数据，而 PIC32CZ CA80/9x 应用程序则借助 DMAC 以及配置为 USART 的 SERCOM 来实现此功能。
3. 在超时切换 LED 时，SAM E70/S70/V70/V71 系列使用 TC 定时器实例，而 PIC32CZ CA80/CA9x 则使用 RTC。
4. 如上述 PIO 与 EIC 的比较所示，两者均用于触发中断。从上方截图中可以看出，两个应用程序中已分别注册 PIO 和 EIC 回调函数，以便在用户按下开关时触发中断。

因此，基于 PIC32CZ CA80/CA9x 系列所提供的兼容外设，原本使用 SAM E70/S70/V70/V71 系列的现有用户能够顺利迁移至 PIC32CZ CA80/9x 系列，并享用其扩展的安全性及存储容量。

有关应用程序的更多信息，请参见以下链接：

- [SAM E70 Xplained Ultra 评估工具包入门](#)
- [PIC32CZ CA90 Curiosity Ultra 开发板入门](#)

## 7. 参考资料

- 可从 Microchip 网站 ([www.microchip.com](http://www.microchip.com)) 下载以下文档:
  - [PIC32CZ CA8x/CA9x Family Data Sheet \(DS60001749\)](#)
  - [SAM E70/S70/V70/V71 Family Data Sheet \(DS60001527\)](#)
  - [PIC32CZ CA80/CA90 Curiosity Ultra User Guide \(DS70005522\)](#)
- [PIC32CZ8110CA80208](#)
- [PIC32CZ8110CA90208](#)
- [PIC32CZ CA80 Curiosity Ultra 开发板](#)
- [PIC32CZ CA90 Curiosity Ultra 开发板](#)
- [32 位单片机相关资料和解决方案参考指南](#)

## 8. 版本历史

版本 A——2025 年 5 月

这是本文档的初始版本。

# Microchip 信息

## 商标

“Microchip”的名称和徽标组合、“M”徽标及其他名称、徽标和品牌均为 Microchip Technology Incorporated 或其关联公司和/或子公司在美国和/或其他国家或地区的注册商标或商标（“Microchip 商标”）。有关 Microchip 商标的信息，可访问 <https://www.microchip.com/en-us/about/legal-information/microchip-trademarks>。

ISBN: 979-8-3371-2455-1

## 法律声明

提供本文档的中文版本仅为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分，因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物及其提供的信息仅适用于 Microchip 产品，包括设计、测试以及将 Microchip 产品集成到您的应用中。以其他任何方式使用这些信息都将被视为违反条款。本出版物中的器件应用信息仅为您提供便利，将来可能会发生更新。您须自行确保应用符合您的规范。如需额外的支持，请联系当地的 Microchip 销售办事处，或访问 [www.microchip.com/en-us/support/design-help/client-support-services](http://www.microchip.com/en-us/support/design-help/client-support-services)。

Microchip “按原样”提供这些信息。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对非侵权性、适销性和特定用途的适用性的暗示担保，或针对其使用情况、质量或性能的担保。

在任何情况下，对于因这些信息或使用这些信息而产生的任何间接的、特殊的、惩罚性的、偶然的或附带的损失、损害或任何类型的开销，Microchip 概不承担任何责任，即使 Microchip 已被告知可能发生损害或损害可以预见。在法律允许的最大范围内，对于因这些信息或使用这些信息而产生的所有索赔，Microchip 在任何情况下所承担的全部责任均不超出您为获得这些信息向 Microchip 直接支付的金额（如有）。如果将 Microchip 器件用于生命维持和/或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切损害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任。除非另外声明，在 Microchip 知识产权保护下，不得暗或以其他方式转让任何许可证。

## Microchip 器件代码保护功能

请注意以下有关 Microchip 产品代码保护功能的要点：

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术规范。
- Microchip 确信：在正常使用且符合工作规范的情况下，Microchip 系列产品非常安全。
- Microchip 注重并积极保护其知识产权。严禁任何试图破坏 Microchip 产品代码保护功能的行为，这种行为可能会违反《数字千年版权法案》（Digital Millennium Copyright Act）。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。代码保护功能处于持续发展中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。

## 产品页链接

[PIC32CZ4010CA80144](#)、[PIC32CZ4010CA80176](#)、[PIC32CZ4010CA80208](#)、[PIC32CZ4010CA90144](#)、[PIC32CZ4010CA90176](#)、[PIC32CZ8110CA80144](#)、[PIC32CZ8110CA80176](#)、[PIC32CZ8110CA80208](#)、[PIC32CZ8110CA90144](#)、[PIC32CZ8110CA90176](#) 和 [PIC32CZ8110CA90208](#)