

SmartFusion

智能型混合信号 FPGA

AS05320101 V0.00 Date: 2010/03/09

产品简介手册

类别	内容
关键词	SmartFusion
摘要	Actel SmartFusion®系列智能型混合信号 FPGA 采用与 Fusion 混合信号 FPGA 相同的技术，并通过 Flash 半导体工艺集成了可编程的高性能模拟模块和硬化的 ARM® Cortex-M3 微控制器模块。

修订历史

版本	日期	原因
V0.00	2010/03/09	创建文档

销售与服务网络（一）

广州周立功单片机发展有限公司

地址：广州市天河北路 689 号光大银行大厦 12 楼 F4
邮编：510630
电话：(020)38730916 38730917 38730972 38730976 38730977
传真：(020)38730925
网址：www.zlgmcu.com



广州专卖店

地址：广州市天河区新赛格电子城 203-204 室
电话：(020)87578634 87569917
传真：(020)87578842

南京周立功

地址：南京市珠江路 280 号珠江大厦 2006 室
电话：(025)83613221 83613271 83603500
传真：(025)83613271

北京周立功

地址：北京市海淀区知春路 113 号银网中心 A 座
1207-1208 室（中发电子市场斜对面）
电话：(010)62536178 62536179 82628073
传真：(010)82614433

重庆周立功

地址：重庆市石桥铺科园一路二号大西洋国际大厦
（赛格电子市场）1611 室
电话：(023)68796438 68796439
传真：(023)68796439

杭州周立功

地址：杭州市天目山路 217 号江南电子大厦 502 室
电话：(0571) 28139611 28139612 28139613
28139615 28139616 28139618
传真：(0571) 28139621

成都周立功

地址：成都市一环路南二段 1 号数码同人港 401 室（磨
子桥立交西北角）
电话：(028)85439836 85437446
传真：(028)85437896

深圳周立功

地址：深圳市深南中路 2070 号电子科技大厦 C 座 4
楼 D 室
电话：(0755)83781788（5 线）
传真：(0755)83793285

武汉周立功

地址：武汉市洪山区广埠屯珞瑜路 158 号 12128 室（华
中电脑数码市场）
电话：(027)87168497 87168297 87168397
传真：(027)87163755

上海周立功

地址：上海市北京东路 668 号科技京城东座 7E 室
电话：(021)53083452 53083453 53083496
传真：(021)53083491

西安办事处

地址：西安市长安北路 54 号太平洋大厦 1201 室
电话：(029)87881296 83063000 87881295
传真：(029)87880865

销售与服务网络（二）

广州致远电子有限公司

地址：广州市天河区车陂路黄洲工业区3栋2楼

邮编：510660

传真：(020)38601859

网址：www.embedtools.com （嵌入式系统事业部）

www.embedcontrol.com （工控网络事业部）

www.ecardsys.com （楼宇自动化事业部）



技术支持：

CAN-bus:

电话：(020)22644381 22644382 22644253

邮箱：can.support@embedcontrol.com

MiniARM:

电话：(020)28872684 28267813

邮箱：miniarm.support@embedtools.com

无线通讯:

电话：(020) 22644386

邮箱：wireless@embedcontrol.com

编程器:

电话：(020)22644371

邮箱：programmer@embedtools.com

ARM 嵌入式系统:

电话：(020)28872347 28872377 22644383 22644384

邮箱：arm.support@zlgmcu.com

销售:

电话：(020)22644249 22644399 22644372 22644261 28872524

28872342 28872349 28872569 28872573 38601786

维修:

电话：(020)22644245

iCAN 及数据采集:

电话：(020)28872344 22644373

邮箱：ican@embedcontrol.com

以太网:

电话：(020)22644380 22644385

邮箱：ethernet.support@embedcontrol.com

串行通讯:

电话：(020)28267800 22644385

邮箱：serial@embedcontrol.com

分析仪器:

电话：(020)22644375 28872624 28872345

邮箱：tools@embedtools.com

楼宇自动化:

电话：(020)22644376 22644389 28267806

邮箱：mjs.support@ecardsys.com

mifare.support@zlgmcu.com

目 录

1. SmartFusion器件系列概述	1
1.1 概述.....	1
1.2 架构简介.....	1
1.2.1 微控制器子系统（MSS）	1
1.2.2 模拟前端（AFE）	2
1.2.3 模拟计算引擎（ACE）	3
1.2.4 ProASIC®3 FPGA Fabric	3
1.3 特点简介.....	3
1.3.1 降低持有成本（Cost of Ownership）	3
1.3.2 低功耗.....	4
1.3.3 安全.....	4
1.3.4 单芯片.....	4
1.3.5 上电即行（Live at Power-up）	4
1.3.6 固件错误免疫（Firm Error）	5
1.4 SmartFusion系列产品选型表	5
1.5 封装I/O	6
1.6 提供的温度级别.....	7
1.7 产品订购信息.....	7

1. SmartFusion器件系列概述

1.1 概述

Actel SmartFusion®系列智能型混合信号 FPGA 采用与 Fusion 混合信号 FPGA 相同的技术，并通过 Flash 半导体工艺集成了可编程的高性能模拟模块和硬化的 ARM® Cortex-M3 微控制器模块。SmartFusion 将这三种不相关的技术整合在一起，使得其成本大大降低，占位面积大大减少，不仅具有 FPGA 的高速并行的特点，而且可以发挥 ARM 灵活控制的长处，取长补短，它将成为新一代 SOC 完美的解决方案。

1.2 架构简介

Actel SmartFusion®结构如图 1.1 所示。

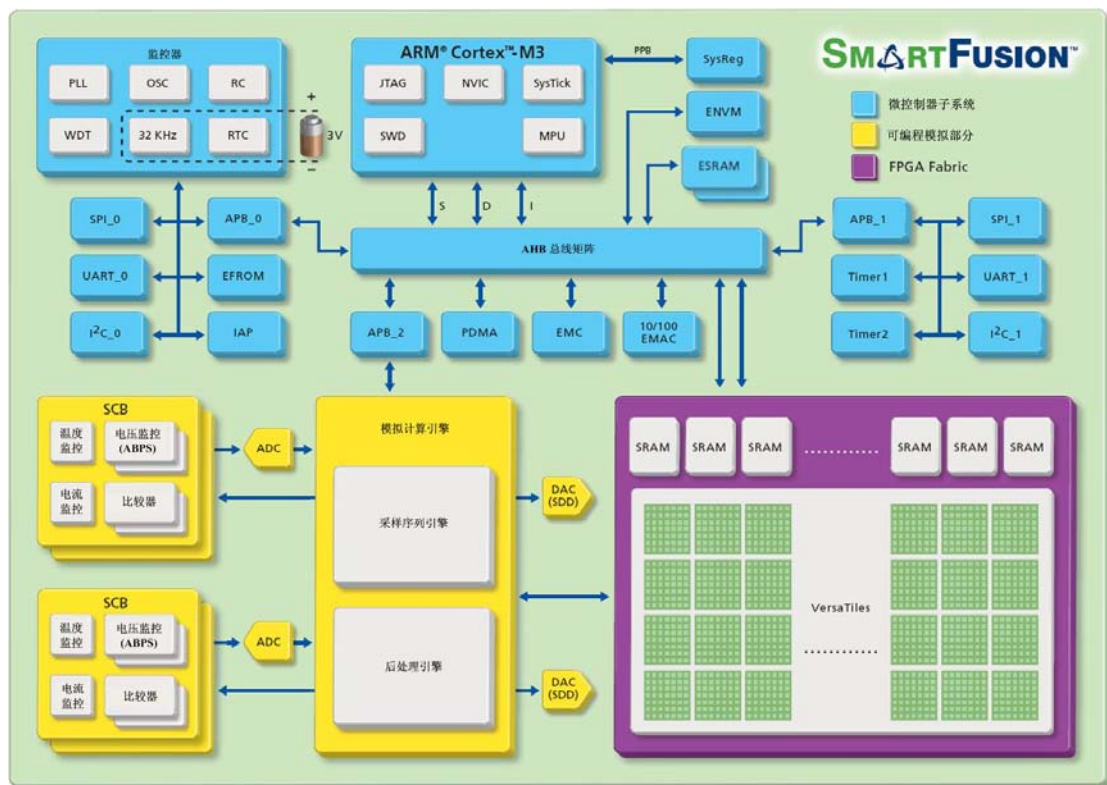


图 1.1 Actel SmartFusion®结构框图

1.2.1 微控制器子系统 (MSS)

MSS 由 100 MHz Cortex-M3 处理器与集成外设组成，其中，外设通过一个多层 AHB 总线矩阵 (ABM) 互相连接。这个矩阵使得 Cortex-M3 处理器、FPGA Fabric 主机、以太网 MAC (有效时) 以及外设 DMA (PDMA) 控制器充当着集成外设、FPGA Fabric、嵌入式非易失存储器 (eNVM)、嵌入式同步 RAM (eSRAM)、外部存储器控制器 (EMC) 和模拟计算引擎 (ACE) 模块的主机。

不同密度的 SmartFusion 器件其集成外设的组合也不同。可用的外设包括 SPI、I2C 和 UART 串行端口、嵌入式 FlashROM (EFLASH)、10/100 以太网 MAC、定时器、锁相环 (PLL)、振荡器、实时计数器 (RTC) 和外设 DMA 控制器 (PDMA)。

- 100 MHz 的 32 位 ARM® Cortex™-M3，零等待状态存储器实现 1.25 DMIPS/MHz 吞

吐量

- 存储器保护单元 (MPU)
- 单周期乘法, 硬件除法
- JTAG 调试 (四线), 串行线调试 (SWD-双线) 和单线浏览器 (SWV) 接口
- 内部存储器
 - 嵌入式 Flash 存储器 (eNVM), 64K 字节~512K 字节
 - 嵌入式高速 SRAM (eSRAM), 16K 字节~64K 字节, 含 2 个物理块, 2 个不同主机可同时访问它
- 多层 AHB 通信矩阵
 - 片上存储器的带宽最高可达 16 Gbps
- 带 RMI 接口的 10/100 以太网 MAC
- 可编程的外部存储器控制器
 - 异步存储器
 - NOR Flash, SRAM, PSRAM
 - 同步 SRAM
- 两个 I2C 外设
- 两个 16550 UART
- 两个 SPI 外设
- 两个 32 位定时器
- 32 位看门狗定时器
- 8 通道 DMA 控制器
- 时钟源
 - 1.5 MHz~20 MHz 主振荡器
 - 电池供电的、带实时计数器 (RTC) 的 32 KHz 低功率振荡器
 - 精度为 1% 的 100 MHz 嵌入式 RC 振荡器
 - 带 4 个输出相位的嵌入式 PLL

1.2.2 模拟前端 (AFE)

SmartFusion 器件在 Fusion 器件的基础上增加了一个增强型模拟前端。逐次逼近型模数转换器 (SAR ADC) 与 Fusion 器件上的那些 ADC 类似。此外, SmartFusion 还增加了一级 sigma-delta ($\Sigma-\Delta$) 数模转换器 (SDD DAC)。

SmartFusion 通过其信号调节模块 (SCB) 可以同时处理多个模拟信号。SCB 由有源双极预分频器 (ABPS)、比较器、电流监控器与温度监控器联合组成。ABPS 模块可以向 ADC 提供大的双极电压。电流监控器负责提取外部检测电阻两端的电压并将它转换成一个适合 ADC 输入范围的电压。类似地, 温度监控器负责读取流过外部 PN 结点 (二极管或三极管) 的电压并将它转换成适用于 ADC 的电压。此外, SCB 还包含了几个比较器, 用于在不使用 ADC 的情况下监控快速信号的阈值电压。比较器的输出可以馈送至模拟计算引擎或 ADC。

- 最多可包含 3 个 12 位 SAR ADC

- 12 位模式时的速率为 500 Ksps
- 8 位和 10 位模式时的速率为 600 Ksps
- 2.56V 内部参考电压或者外部参考电压
- 每个 ADC 包含一个一级 Sigma-Delta (Σ - Δ) DAC
 - 12 位 500 Ksps 更新速率
- 每个器件最多可包含 5 个新的高性能模拟信号调节模块 (SCB), 每个模块包括:
 - 2 个高电压双极电压监控器 (4 个输入的电压为 $\pm 2.5V \sim -11.5/+14V$), 精度为 1%
 - 高增益电流监控器, 差分增益=50, 共模电压高达 14V
 - 温度监控器 (12 位模式时的分辨率=1/4 $^{\circ}C$; 准确温度范围是-55 $^{\circ}C \sim 150^{\circ}C$)
- 多达 10 个高速比较器 ($t_{pd} = 50ns$)

1.2.3 模拟计算引擎 (ACE)

模拟计算引擎 (ACE) 相当于一个小处理器, 我们通过它来控制 SmartFusion 中的混合信号模块以及将这些模块连接到其它系统。ACE 的任务是不再让 Cortex-M3 来控制模拟模块, 因此相对于由主处理器负责监控模拟模块这种做法, 其吞吐率要更快, 功耗也更低。ACE 专门用来处理 ADC、DAC 和 SCB 的采样、时序以及后处理等过程。

1.2.4 ProASIC[®]3 FPGA Fabric

Actel SmartFusion 系列器件基于已经证实的 ProASIC3 Flash FPGA 体系结构, 拥有只有基于 Flash 的器件才有的优势:

- 采用基于 Flash 的、130nm、7 层金属的 CMOS 工艺
- 非易失, 断电时保留程序
- 350 MHz 系统性能
- 嵌入式 SRAM 与 FIFO
 - SRAM block 的长宽比可调节
 - 可选用 $\times 1$, $\times 2$, $\times 4$, $\times 9$ 与 $\times 18$ 组合
 - 真实双端口 SRAM ($\times 18$ 组合除外)
 - 可编程的嵌入式 FIFO 控制逻辑
- 通过 JTAG 采用 128 位高级加密标准 (AES) 解密技术实现安全 ISP
- 采用 FlashLock[®] 技术保护 FPGA 内容
- 5 个时钟调节电路 (CCC) 模块, 每个模块最多可带 2 个集成模拟 PLL
 - 相移、分频/倍频、延时等均可配置
 - 频率: 输入为 1.5~350 MHz, 输出为 0.75~350 MHz

1.3 特点简介

1.3.1 降低持有成本 (Cost of Ownership)

Flash 技术带给设计人员的好处远远不止低单位成本、高性能和使用方便。与基于 SRAM 的 FPGA 不同的是, 以 Flash 为基础的 SmartFusion 器件具有上电即行的特性, 不需要外部

引导 PROM；板内的安全机制可以防止编程信息被访问，从而使得 FPGA 逻辑可以安全地进行远程更新。设计人员也可以执行安全的远程在系统编程（ISP），以支持未来的反复设计与现场升级，同时又确保宝贵的知识产权（IP）不会被泄漏或复制。此外，我们还可以通过业内标准的 AES 算法来实现安全的在系统编程（ISP）。

1.3.2 低功耗

基于 Flash 的 SmartFusion 器件所表现出来的功率特性与 ASIC 类似，这使得它们非常适用于注重功耗的应用场合。我们知道，许多 FPGA 器件在上电时常常会出现电流浪涌（current surge）和大的过渡电流，而 SmartFusion 器件却不会出现这类问题。

此外，SmartFusion 器件的动态功耗很低，并支持低功耗待机模式与超低功耗睡眠模式，因而进一步节省了功耗。

1.3.3 安全

基于 Flash 的非易失性 SmartFusion 器件不需要引导 PROM，因此不存在脆弱的且容易被拷贝的外部位流。SmartFusion 器件内部集成了 FlashLock 技术，无需任何外部开销就可以提供一种结合“可重复编程和设计安全”的独特组合，并且拥有配备非易失性 Flash 编程能力的 FPGA 才具有的优点。

SmartFusion 器件使用一个 128 位 FlashLock 和一个单独的 AES 密钥加密已编程好的知识产权（IP）和配置数据。在装载 Fusion 器件的 FlashROM 数据之前，我们也可以先将它们加密。此外，通过使用 AES-128（FIPS192）分组密码（block cipher）加密标准，还可以在运行期间对 Flash 存储器块进行编程。

经过 AES 加密的 SmartFusion 器件可以通过公共网络（像互联网等）安全地进行远程在线升级，确保宝贵的 IP 不会被过建、拷贝或剽窃。另外一种安全措施是，我们可对已编程 SmartFusion 器件的配置信息进行安全设计验证，但不能将它读回。在设计过程中，用户既可以控制和定义 Flash 存储块的内部访问也可控制其外部访问。

内置在 FPGA Fabric 内的安全性是 SmartFusion 器件固有的特性。Flash 单元位于 7 层金属层之下，并且使用了非常多的器件设计与布局技术，可以很好地抵制侵入性攻击（invasive attack）。带有 FlashLock 和 AES 加密的 SmartFusion 系列器件是唯一一类能很好地抵制侵入性攻击和非侵入性攻击的器件，它使得用户宝贵的 IP 可以受到很好的保护，同时也让远程 ISP 变成了可能。SmartFusion 器件为可编程逻辑设计提供了最牢靠的安全性。

1.3.4 单芯片

基于 Flash 的 FPGA 将配置信息存放在片内 Flash 单元中。一旦被编程好后，配置数据就成为了 FPGA 结构的一个固有部分，这样系统上电时就不再需要加载外部配置数据（这与基于 SRAM 的 FPGA 不同）。因此，基于 Flash 的 SmartFusion FPGA 在加载器件配置数据时不需要 EEPROM 或微控制器等系统配置元件。这样一来既降低了物料清单（bill-of-material）的花费，又节省了印刷电路板（PCB）的空间，同时还提高了安全性和系统可靠性。

1.3.5 上电即行（Live at Power-up）

基于 Flash 的 SmartFusion 器件支持上电即行（LAPU）。LAPU SmartFusion 器件无需复杂的可编程逻辑器件（CPLD），极大地简化了整个系统设计并降低了总系统成本。SmartFusion 用 LAPU 时钟（PLL）替代了片外时钟资源。此外，就算系统电源出现干扰脉冲（glitch）和掉电等情况，SmartFusion 器件的 Flash 配置也不会被破坏。SmartFusion 器件

与基于 SRAM 的 FPGA 不同，当系统电源恢复供电时它不需要重新加载配置信息。这样，在 PCB 设计中就可以减少昂贵的电压监控器与掉电检测等器件的使用，甚至可以完全不需要使用它们。基于 Flash 的 SmartFusion 器件简化了整个系统设计、降低了成本和设计风险，同时又提高了系统可靠性。

1.3.6 固件错误免疫 (Firm Error)

当大气层产生的高能中子冲击一个 SRAM FPGA 的配置单元时，常常会出现固件错误 (Firm Error)。碰撞的能量可以改变配置单元的状态，因而会以不可预测的方式改变其逻辑、布线 (routing) 或 I/O 行为。

此外，阿尔法粒子也会导致辐射引发的固件错误。阿尔法辐射若要引起软错误或固件错误，其放射源必需非常靠近受影响的电路。阿尔法源应当位于封装制模 (package molding) 混合物中或芯片本身内。通过越来越多地使用低阿尔法 (low-alpha) 制模混合物，可以帮助减少阿尔法引发的固件错误，但却不能完全消除。

固件错误在 SRAM FPGA 中是不可避免的，它可能会导致系统彻底失效。但基于 Flash 的 SmartFusion FPGA 却不会产生固件错误。因为，它一旦被编程后，其 Flash 单元配置元素将不会被高能中子改变，因此也就不受高能中子的影响。所有 FPGA 器件的用户数据 SRAM 都会出现可恢复错误或软错误。用户可以通过使用 FPGA Fabric 中内置的错误检测和校正 (EDAC) 电路来减少这些错误的产生。

1.4 SmartFusion 系列产品选型表

表 1.1 SmartFusion 系列产品选型表

器件	A2F200	A2F500
系统门	200000	500000
Tile (D 触发器)	4608	11520
RAM Block (4608 位)	8	24
Flash (Kb)	256	512
SRAM (Kb)	64	64
带 MPU 的 Cortex-M3	1	1
10/100 以太网 MAC	含	含
外部存储器控制器 (EMC)	26 位地址, 16 位数据	26 位地址, 16 位数据
DMA	8 Ch	8 Ch
I2C	2	2
SPI	2	2
16550 UART	2	2
32 位定时器	2	2
PLL	1	1

续上表

器件	A2F200	A2F500
32 KHz 低功率振荡器	1	1
100 MHz 片上 RC 振荡器	1	1
主振荡器	1	1
ADC (12 位 SAR)	2	3
DAC (1 位 $\Sigma - \Delta$)	2	3
信号调节模块 (SCB)	4	5
比较器*	8	10
电流监控器*	4	5
温度监控器*	4	5
HV 双极电压监控器 ^[1]	8	10

注：这些功能共用 I/O 管脚，不能同时使用。

1.5 封装 I/O

表 1.2 MSS + FPGA I/O

器件	A2F200		A2F500	
	FG256	FG484	FG256	FG484
直接模拟输入	8	8	8	12
模拟输入总数	24	24	24	32
模拟输出总数	2	2	2	3
MSS I/O ^{[1][2]}	25	41	25	41
FPGA I/O	66	94	66	128
I/O 总数	117	161	117	204

注：

- [1] 有 16 个 MSS I/O 是复用的，如果 MSS 不需要这些 I/O，可以将它们用作 FPGA I/O。这些 I/O 支持施密特触发器，但只支持 LVTTTL 和 LVCMOS (1.5/ 1.8/ 2.5, 3.3V) 标准。
- [2] 有 9 个 MSS I/O 主要用于 10/100 以太网 MAC，它们也是复用的，如果设计中没有用到以太网 MAC，可以将这些 I/O 用作 FPGA I/O。这些 I/O 支持施密特触发器，但只支持 LVTTTL 和 LVCMOS (1.5V/ 1.8/ 2.5, 3.3V) 标准。

1.6 提供的温度级别

表 1.3 SmartFusion 温度级别

SmartFusion 器件	A2F200	A2F500
FG256	C, I	C, I
FG484	C, I	C, I

注:

- [1] C = 商业温度范围: 0°C ~ 85°C (结温)
- [2] I = 工业温度范围: -40°C ~ 100°C (结温)

1.7 产品订购信息

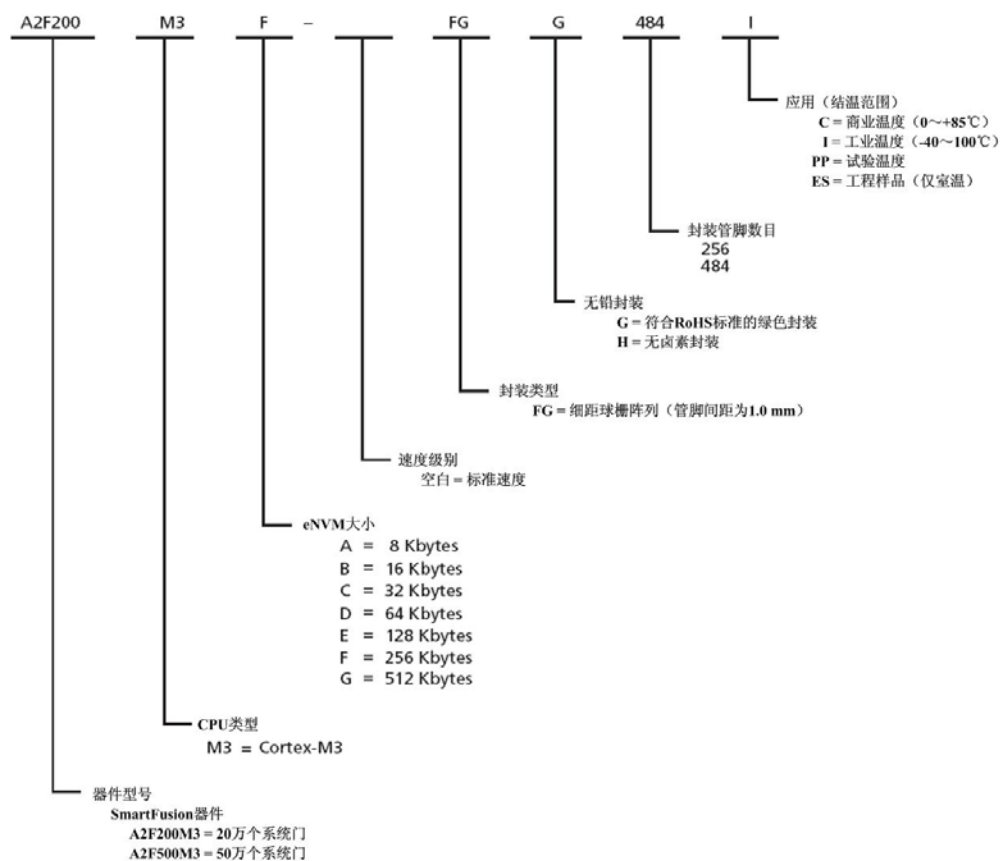


图 1.2 SmartFusion 命名规则