

将应用从 STM32MP15x 系列迁移到 STM32MP13x 系列微处理器

引言

STM32MP131、STM32MP133 和 STM32MP135 器件属于 STM32 Arm® Cortex® MPU 系列；它们均采用单核 Cortex®-A7。这些器件在本文档中被称为 STM32MP13x。

STM32MP13x 器件是 STM32MP15x 系列器件的低成本衍生品，无 Cortex®-M4，仅配有 1 Cortex®-A7 且无 GPU。然而，大多数架构概念和外设寄存器映射是兼容的，允许从 STM32MP15x 设计轻松迁移到来自 STM32MP13x 系列的类似器件。

与 STM32MP15x 器件类似，STM32MP13x 高性能 Cortex®-A7 运行 Linux® 这样的开放式操作系统，提供丰富的连接和对软件社区的支持。与 STM32MP15x 器件相比，STM32MP13x 提供更多高级安全特性。

本应用笔记提供的信息有助于从 STM32MP15x 器件迁移到 STM32MP13x 器件。

表 1. 适用产品

类型	产品线
微控制器	STM32MP131, STM32MP133, STM32MP135

1 概述

本文档适用于基于 STM32MP13x 和 STM32MP15x 系列 Arm® 的 MPU。

注意

Arm 是 Arm Limited（或其子公司）在美国和/或其他地区的注册商标。

表 2. 参考文档

-	参考	标题
[1]	AN2867	STM8AF/AL/S、STM32 MCU 和 MPU 的振荡器设计指南
[2]	AN1709	STM8、STM32 和传统 MCU 的 EMC 设计指南
[3]	AN5105	基于 STM32 微控制器的触摸感应控制入门
[4]	AN4316	在 MCU 上调谐触摸传感应用
[5]	AN5275	STM32MP1 系列自举程序中使用的 USB DFU/USART 协议
[6]	AN5168	STM32MP1 系列 MPU 的 DDR 配置
[7]	AN5587	在壁式适配器电源上集成 STM32MP13x 系列和 STPMIC1
[8]	AN5592	STM32MP13x 系列 DDR 存储器布线指南
[9]	AN5585	在电池供电的应用中集成 STM32MP13x 系列和 STPMIC1
[10]	AN5586	STM32MP13x 系列分立电源硬件集成
[11]	AN4879	USB 硬件和 PCB 指南（使用 STM32 MCU）
[12]	UMXXXX	探索套件，采用 STM32MP135 MPU
[13]	RM0475	基于 Arm 的 STM32MP13x 高级 32 位 MPU
[14]	DSXXXX	STM32MP13xA/Dxx 数据手册
[15]	DSXXXX	STM32MP13xC/Fxx 数据手册
[16]	ES0539	STM32MP131x STM32MP133x STM32MP135x 勘误手册

表 3. 术语表

缩略语	说明
ADC	模数转换器
AHB	高级高性能总线
AXI	高级可扩展接口（通过扩展，基于 AXI 的互连矩阵）
AXIM	AXI 矩阵（基于 AXI 的互连）
AXIMC	AXI 矩阵配置控制
BKPSRAM	备份 SRAM
BSEC	启动和安全控制器（OTP 接口）
CEC	消费电子控制（HDMI 标准的一部分）
CNT	通用定时器（位于 Cortex®-A7 内）
CRYP	加密外设，支持 DES、三重 DES 和 AES
CSI	低功耗内部振荡器
CTI	交叉触发接口
DAP	调试访问端口
DCMI	数字相机接口（并行接口）
DCMIPP	数字相机接口像素通道（并行接口）

缩略语	说明
DDRCTRL	双数据速率 SDRAM 控制器，支持 LPDDR2 和 DDR3/DDR3L 协议
DDRPERFM	DDR 性能监测器，链接到 DDRCTRL
DDRPHYC	DDR 物理接口控制
DFSMD	数字滤波器，用于 $\Sigma\Delta$ 调制器
DLYBQS	用于 QUASDPI 的延迟功能块，补偿外部信号定时以达到最高数据速率
DLYBSD	用于 SDMMC 的延迟功能块，补偿外部信号定时以达到最高数据速率
DMA	直接存储器访问：总线主控能够在外设和存储器之间或存储器之间自主地传输数据
DMAMUX	DMA 请求复用器
ETH	以太网控制器
ETM	嵌入式跟踪宏单元™
ETZPC	增强型 TrustZone®保护控制器，用于配置一些外设和 ROM/RAM 保护设置
EXTI	扩展中断和事件控制器
FDCAN	具有灵活数据速率的控制器局域网络（也可以支持时间触发的 CAN (TT)）
FMC	灵活存储控制器
GIC	通用中断控制器
GMAC	千兆以太网媒体访问控制器
GPIO	通用输入输出
GPU	图形处理单元
HASH	加密哈希外设，支持安全哈希算法（SHA）
HDMI	高清多媒体接口
HDP	硬件调试端口
HSE	高速外部石英振荡器
HSEM	硬件信号量，有助于多处理器资源共享
HSI	高速内部振荡器
I2C	内部集成电路接口
I2S	内部集成电路音频
IPCC	处理器间通信控制器
IWDG	独立看门狗
JTAG	联合测试行动小组（调试接口）
LCD	液晶显示器
LPTIM	低功耗定时器
LSE	低速外部石英振荡器
LSI	低速内部振荡器
LTDC	LDC TFT 显示控制器
MDIOS	管理数据输入/输出从设备，用于控制以太网物理接口
MDMA	主 DMA
MLAHB	多层 AHB（基于 AHB 的互连）
OTG	USB On-The-Go，标准 USB 接口，能够变成主机或设备
OTP	一次性程序存储器
PKA	公钥加速器
PMB	进程监视功能块

缩略语	说明
PMIC	通过信号和串行接口提供具有很大可控性的各种平台电源的外部电源管理电路
PWR	电源控制
QUADSPI	四路数据通道串行外设接口
RCC	复位和时钟控制
RNG	随机数发生器
ROM	只读存储器
RTC	实时时钟
SAI	串行音频接口
SDMMC	安全数字和多媒体卡接口，支持 SD、MMC、e.MMC™ 和 SDIO 协议
SMPS	开关模式电源
SPDIF	Sony/Philips 数字接口格式
SPI	串行外设接口
SRAM	静态随机存取存储器
STGEN	系统定时生成器，用于 Cortex-A7 定时器
STGENC	STGEN 控制：STGEN 的安全部分
STGENR	TGEN 读取：STGEN 的只读部分
STM	系统跟踪宏单元
SWD	串行线调试
SWO	单线输出（跟踪端口）
SYSCFG	系统配置
SYSRAM	系统 SRAM
TAMP	篡改检测外设
TEMP	温度传感器
TFT	薄膜晶体管：LCD 技术工艺
TIM	定时器
TSGEN	调试时间戳生成器，用于确保多核跟踪同步
TZC	TrustZone 地址空间控制器，用于保护对 SDRAM 的访问
UART	通用异步收发器
USART	通用同步/异步收发器
USB	通用串行总线
USBH	USB 主机控制器
USBPHYC	USB 物理接口控制
VREFBUF	ADC 电压参考缓冲器
WWDG	窗口看门狗

2 STM32MP1 系列概览

本文档介绍了如何将应用从 STM32MP15x 系列迁移到 STM32MP13x 系列微处理器。两个产品线均属于 STM32MP1 系列系列。与 STM32MP15x 线路器件相比，STM32MP13x 线路器件在成本优化方面做得更好，并具有更先进的安全特性。

与 STM32MP15x 系列器件相比，STM32MP13x 系列具有以下更高级别的功能：

- 安全相关的高级外设：
 - DDR 上的 DDRMCE 动态加密/解密
 - 安全 AES 和 PKA（带 DPA 保护和硬件总线）
 - HASH（SHA-384/512）（对比 STM32MP15x 系列的 HASH 256⁽¹⁾）
 - RTC 配硬件密钥总线（而⁽¹⁾无硬件密钥总线）
 - 所有 GPIO 均可获得（而⁽¹⁾只有一部分）
 - 12 个篡改引脚（而⁽¹⁾只有 3 个）
 - 显示器接口带安全层（LTDC）（而⁽¹⁾无安全层）
- 双千兆以太网 MAC 接口（ETH1、ETH2）（而⁽¹⁾仅有一个 ETH1）
- DMAMUX 扩展到 DMA3 用于安全访问（而⁽¹⁾采用 DMA1/DMA2）
- 改进了相机接口（DCMIPP）（16 位，提高了带宽）（而⁽¹⁾为 14 位）
- CPU DVFS 和 LPLV-Stop2 模式（可减少 CPU 内核子系统在运行模式下的电源消耗；在停止模式下则断电）

1. 在 STM32MP15x 系列。

与 STM32MP13x 系列器件相比，STM32MP15x 系列具有以下更高级别的功能：

- 双核 Arm® Cortex®-A7 子系统（而⁽¹⁾）
- Arm® Cortex®-M4 子系统和相关硬件信号量（HSEM）
- 3D 图形处理单元（GPU）
- 外部 LPDDR2/LPDDR3/DDR3/DDR3L 16 位或 32 位接口（而⁽¹⁾采用 16 位）
- 串行显示接口控制器（DSI）
- 高清多媒体接口 - 消费电子控制（HDMI-CEC）
- 三个 SDMMC、四个 SAI、六个 SPI、六个 I2C 接口（对比之下，分别为两个、两个、五个和⁽¹⁾）
- 数字滤波器用于 $\Sigma\Delta$ 调制（四个通道，两个滤波器）（DFSDM1）（而⁽¹⁾具有八个通道和六个滤波器）
- 8 至 16 位模数转换器（ADC1/ADC2）（而⁽¹⁾采用的是 12 位转换器）
- 两个 D/A 12 位模拟转换器

1. 在 STM32MP13x 系列

STM32MP13x 器件属于 MPU 系列。这样从 STM32 MCU 的迁移可以受益于高性能 Cortex®-A7（运行 Linux® 这样的开放式操作系统），提供丰富的连通性和软件社区。

本迁移指南特别介绍从 STM32MP15x 到 STM32MP13x 系列的迁移。本文档中不涉及 STM32MP13x 器件上已有、但 STM32MP15x 器件上还没有的新特性。有关详细信息，请参见 STM32MP13x 系列产品的参考手册和数据手册。

3 硬件移植

STM32MP15x 系列和 STM32MP13x 系列之间没有封装兼容性。

STM32MP13x 系列器件建议采用三种封装，参数如下：

- 封装：封装尺寸（从 9x9 到 14x14）
- PCB：PCB 技术成本（TFBGA 间距 0.5 或 LFBGA 间距 0.8）

下表总结了 STM32MP15x 和 STM32MP13x 系列器件的关键封装参数。

表 4. STM32MP15x 与 STM32MP13x 的封装对比

产品	GPIO	封装	大小 (mm)	球形焊盘间距 (mm)	DDR 总线宽度	产品	GPIO	封装	大小 (mm)	球形焊盘间距 (mm)	DDR 总线宽度
STM32MP15xxAD	98	TFBGA257	10x10	0.5	16	STM32MP13xxAG	135 ⁽¹⁾	TFBGA289	9x9	0.5	16
STM32MP15xxAB	98	LFBGA354	16x16	0.8	16	STM32MP13xxAF		TFBGA320	11x11	0.5	
STM32MP15xxAC	148	TFBGA361	12x12	0.5	32	STM32MP13xxAE		LFBGA289	14x14	0.8	
STM32MP15xxAA	176	LFBGA448	18x18	0.8	32	-		-	-	-	

1. 包括四个 JTAG 和三个 BOOT 信号，可以用作 GPIO（如果不需要 JTAG 或 BOOT 信号）。

4 启动模式选择

STM32MP15x 和 STM32MP13x 系列器件拥有相同的启动机制。它们总是从内部 BootROM 启动。内部 BootROM 基于启动引脚和内部 OTP 熔丝配置进行启动：

- 从外部 Flash 存储器启动：
 - SD 卡 (SDMMC1)
 - eMMC (SDMMC2)
 - SLC-NAND (FMC)
 - 串行 NOR-Flash 存储器 (QUADSPI)
 - 串行 NAND Flash 存储器 (QUADSPI)
- 从 UART 或高速 PHY 端口#2 上的 USB OTG 启动
 - 用于访问来自 STM32CubeProgrammer 的器件（例如，对外部 Flash 存储器或内部 OTP 熔丝进行编程）

注意

USART2 是 STM32MP15x 上可能的启动接口，但不是 STM32MP13x 系列器件的启动接口。

在 STM32MP13x 系列器件上，可以将相同的 GPIO 用于默认的 FMC Nand8 启动接口或 QUASPI 单一 bank1 启动。

在 STM32MP13x 系列器件上，启动引脚现在是 GPIO（BOOT[2:0]信号分别位于 PI[6:4]引脚上）。因此，与 STM32MP15x 器件相比，这些引脚由不同的寄存器控制。

表 5. STM32MP13x 和 STM32MP15s 器件的启动模式选择

图 1. STM32MP13x 器件的启动模式选择

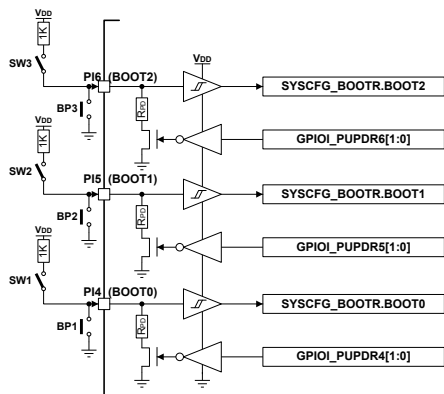
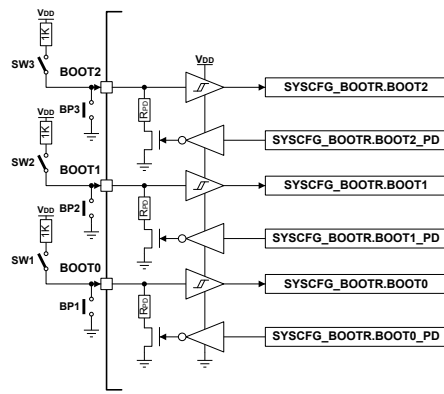


图 2. STM32MP15x 器件的启动模式选择



请参见 *STM32MP13xx MPU 硬件开发入门* (AN5474) 和下面的 STM32MP1 系列产品维基百科信息：

- https://wiki.st.com/stm32mpu/index.php/Boot_chains_overview
- https://wiki.st.com/stm32mpu/index.php/STM32MP15_ROM_code_overview

5 外设移植

下表显示了 STM32MP15x 系列器件上可用的外设和 STM32MP13x 系列器件上不同的外设（或者不存在（实例数量不同），或者类型不同）。它没有列出 STM32MP13x 系列器件上发布的新外设或新功能（STM32MP15x 系列器件中没有）。

表 6. 与 STM32MP13x 系列相比，STM32MP15x 系列的特性和外设数量

产品 / 外设		STM32MP157 系列				STM32MP153 系列				STM32MP151 系列				STM32MP135 系 列	STM32MP133 系 列	STM32MP131 系 列
		STM32MP157xA D	STM32MP157xA B	STM32MP157xA C	STM32MP157xA A	STM32MP153xA D	STM32MP153xA B	STM32MP153xA C	STM32MP153xA A	STM32MP153xA D	STM32MP153xA B	STM32MP153xA C	STM32MP153xA A			
SRAM (KB)	系统 Cortex®-M4 and Cortex®-A7	448 256 ⁽¹⁾												N/A 128+32 ⁽²⁾		
	备用	4												8		
DRAM 控制器		16 位		32 位		16 位		32 位		16 位		32 位		16 位		
FMC 存储控制器 ⁽³⁾		有												有		
Quad-SPI		有												有		
以太网 ⁽⁴⁾		单（GMII、RGMII、MII、RMII）												双（RGMII、MII、RMII）		
定时器	通用	10												10		
	高级控制	2												2		
	基本	2												2		
	低功耗	5												5		
随机数发生器		有												有		
通信接口	SPI / I2S	6/3（全双工）												5/4		
	I2C	6												5		
	USART/ UART	4/4												4/4		
	USB OTG FS	有 ⁽⁵⁾												无		
	USB OTG HS	有 ⁽⁶⁾												有		
	CAN	2 (FDCAN)								无				2 (FDCAN)		
	SAI	4												2		
	SDIO	有 ⁽⁷⁾												有 ⁽⁸⁾		
	MDIO	有												无		
	SPDIFRX	4 路输入												4 路输入		
相机接口		有（14 位）												有（16 位）		
MIPI-DSI 主机		有				无								无		
HDMI-CEC		有												无		
LCD-TFT		有												有 ⁽⁹⁾		
3D GPU		有				无								无		

产品 / 外设	STM32MP157 系列				STM32MP153 系列				STM32MP151 系列				STM32MP135 系列	STM32MP133 系列	STM32MP131 系列
	STM32MP157xA D	STM32MP157xA B	STM32MP157xA C	STM32MP157xA A	STM32MP153xA D	STM32MP153xA B	STM32MP153xA C	STM32MP153xA A	STM32MP153xA D	STM32MP153xA B	STM32MP153xA C	STM32MP153xA A			
密码	有 ⁽¹⁰⁾												有 ⁽¹¹⁾		
哈希	有（最高 SHA-256）												有（最高 SHA-512）		
GPIO	98	148	176	98	148	176	98	148	176	135 ⁽¹²⁾					
ADC	2（可达 16 位）												2（可达 12 位）		
ADC 通道数	17	22	17	22	17	22	17	22	18						
12 位 DAC	有												无		
DAC 通道数	2												N/A		
最大 Cortex-M4 频率	209 MHz ⁽¹³⁾												N/A		
最大 Cortex-A7 频率	800 MHz ⁽¹⁴⁾												1000 MHz ⁽¹⁵⁾		
工作电压	1.71 至 3.6V														
工作温度	结温：-40 至 105 °C / -40 至 125 °C														
封装	TFBGA257	LFBGA354	TFBGA361	LFBGA448	TFBGA257	LFBGA354	TFBGA361	LFBGA448	TFBGA257	LFBGA354	TFBGA361	LFBGA448	TFBGA289 TFBGA320 LFBGA289		

1. STM32MP15x 系列器件包含 256 Kbytes 大小的 Cortex-A7 L2 缓存 SRAM。
2. STM32MP13x 系列器件包含 128 Kbytes 大小的 Cortex-A7 L2 缓存 SRAM。
3. 仅 NAND 和 PSRAM，专用 16/32 位 DDR 接口上的 SDRAM。
4. 千兆以太网。
5. 仅当不使用 OTG HS 时。
6. 仅当不使用 OTG FS 时。两个嵌入式 PHY（与 Cortex-A7 USB 主机端口共享）。
7. 仅采用 Cortex-M4 可用的 4 位数据的 SDMMC3 实例（三个实例：8 + 8 + 4 位）。
8. 共计 2 个实例：8 + 8 位。通过在 STM32MP13xxx 器件上使用专用电源，可以在 SDMMC UHS_I 模式下移除外部电平转换器。
9. 包括 1 个安全层。
10. 作用于 STM32MP15xC/Fxx 器件。
11. 作用于 STM32MP13xC/Fxx 器件。BSEC、RNG、CRYP、RTC 支持硬件密钥总线以确保 AES（SAES）安全。SAES 支持差分功率分析（DPA）保护。
12. 所有 GPIO 都是安全的。135 个 GPIO（包括 3 个 BOOT 信号和 4 个 JTAG 信号）。
13. 同时有双 Cortex-A7 可达 650 Mhz（STM32MP151 系列上的单 Cortex-A7）。
14. 面向 STM32MP15xD/Fxx 器件（STM32MP15xA/Cxx 器件频率限于 650 MHz）。
15. 面向 STM32MP13xD/Fxx 器件（STM32MP13xA/Cxx 器件频率限于 650 MHz）。

6 STM32 产品交叉兼容性

STM32MP13x 系列器件不包含 Cortex®-M4 子系统。因此，所有外设均在 Cortex®-A7 的监管下运行。Cortex®-A7 子系统可以在 OpenOS 操作系统(Linux®)上运行，也可以在一些裸机或 RTOS 软件上。与 STM32MP15x 相比，更多的外设 in STM32MP13x 上更加安全。下表显示了这些区别。

表 7. 与 STM32MP15x 相比，STM32MP13x 上可获得的安全外设

外设	STM32MP15x 可获得的安全实例数量	STM32MP13x 可获得的安全实例数量	数据传输安全性 ⁽¹⁾
USART/UART	1	2	N/A
I2C	2	3	N/A
SPI	1	2	N/A
SDMMC	3	2	无
USB HS OTG	1	1	无
ETH	0	2	有
LCD 安全层	0	1	有
TSC	N/A	1	N/A
ADC	0	2	N/A
SAES	N/A	1	N/A
CRYP	1	1	N/A
HASH	1	1	N/A
TRNG	1	1	N/A
PKA	N/A	1	N/A
看门狗	1	1	N/A
GPIO	8	全部	N/A
DDR 控制 + PHY	1	1	有
FMC	0	1	无
双 QUADSPI	0	1	无
GP 定时器	0	6	N/A
LP 定时器		2	N/A
MDMA	1	1	有
双端口 DMA	0	1	有
PWR, RCC, EXTI	1	1	N/A
备份 SRAM, 备份寄存器	全部	全部	有
ML-AHB SRAM	0	1	有，用于 STM32MP13x 否，用于 STM32MP15x
A7 MPU 系统 SRAM	全部	全部	有

1. N/A: 不适用，仅寄存器接口。

6.1 存储器映射

STM32MP13x 和 STM32MP15x 系列器件的外设地址映射非常相似。

STM32MP13x（相比 STM32MP15x）的主要更改如下：

- 移除了 Cortex®-M4 有关的映射。
- SRAM3（8 Kb）以别名方式放在 SYSRAM（128 Kb）旁边，以允许连续的内存映射空间。
- APB6 对于一些安全定时器和低速通信接口而言具有新颖性。它被映射到与前 AHB3 相同的位置，不再出现在 STM32MP13x 器件上。

当使用面向 Cortex®-A7 的 STM32CubeMX 软件包时，APB6 具有透明性。

6.2 GPIOs HSLV 管理

与 STM32MP15x 相比，STM32MP13x 上的 HSLV（高速低压）GPIO 管理已经改变了：

- SYSCFG_IOTRNLSETR 和 SYSCFG_IOTRNLCLRR 已经改为多个 SYSCFG_HSLVENxR。有关详细信息，请参阅相应参考手册中 SYSCFG 章节的 HSLV 输出缓冲区段落。

7 应用软件迁移策略

在某些领域，STM32MP13x 系列器件被认为是 STM32MP15x 系列器件的一个子集。然而，在其他领域，STM32MP13x 系列器件具有额外的多种功能和安全特性。

STM32MP13x 系列的主要目标客户是那些不关心 STM32MP15x 系列中嵌入的 Cortex®-M4 的群体。它们通常是严格的 Linux® 微处理器，在单一 Cortex®-A7 上运行。

如果先前使用 Cortex®-M4 的群体为了获得额外功能，而希望改用 STM32MP13x 系列，那么可以将另一个外部 STM32 MCU 用作配套元件。

OpenSTLinux 用于在 STM32MP15x 系列器件上的 Cortex®-A7 和 Cortex®-M4 内核之间进行内部通信的 RPMsg 框架可以从基于共享 RAM 的解决方案移植到基于 UART 或 SPI 的物理层。如此一来，就能实现 STM32MP13x 系列器件的轻松迁移。

随着 STM32MP13x 系列器件上的 GPU 被移除，基于该 MPU 的产品无法实现与前代产品相同的图形复杂性，因为所有的构图都必须由 Cortex®-A7 完成。

OpenSTLinux Distribution 当 GPU 存在时依赖于 GPU，当 GPU 不存在时就依赖于软件库。只要处理器的性能级别能够支持用户界面的复杂性级别，那么移植对用户来说是完全透明的。

显示通道能够在 STM32MP13x 系列器件上生成相同的图像流，并扩展了 YUV 支持作为输入和输出。

STM32MP13x 系列器件上不存在 DSI 接口，因此并行输出端口是唯一的选择。

除了 DSI 删除带来的硬件影响之外，还有 SDMMC3 实例删除或 STM32MP13x 上可用的更轻的 ADC 和 DFSDM 外设配置（例如，与 STM32MP15x 相比），OpenSTLinux Distribution 采用相同的用户界面，可支持从一个产品线轻松转向另一个产品线。

STM32MP13x 系列器件内嵌许多新功能和他安全特性。例如，面向功能性或篡改用途的双以太网或新的电源域，以及面向安全用途的 DDR 加密。这些新特性被深度集成到 OpenSTLinux 驱动中，以扩展现有的 OpenSTLinux Distribution（无需进行大幅度更改）。

STM32MP13x 产品线是 STM32 MPU 系列的最新成员，得到 OpenSTLinux Distribution 完全支持。意法半导体壮大了其 MPU 产品阵容，并通过 STM32 MPU 的维基在线文档，以及由 STM8CubeMX 和 STM32CubeProgrammer 等知名工具组成的丰富生态系统提供支持，确保其产品保持同样的易用性。

版本历史

表 8. 文档版本历史

日期	版本	变更
2023 年 2 月 13 日	1	初始版本

目录

1	概述	2
2	STM32MP1 系列概览	5
3	硬件移植	6
4	启动模式选择	7
5	外设移植	8
6	STM32 产品交叉兼容性	10
6.1	存储器映射	11
6.2	GPIOs HSLV 管理	11
7	应用软件迁移策略	12
版本历史		13
表一览		15
图一览		16

表一览

表 1.	适用产品.....	1
表 2.	参考文档.....	2
表 3.	术语表	2
表 4.	STM32MP15x 与 STM32MP13x 的封装对比	6
表 5.	STM32MP13x 和 STM32MP15s 器件的启动模式选择	7
表 6.	与 STM32MP13x 系列相比，STM32MP15x 系列的特性和外设数量	8
表 7.	与 STM32MP15x 相比，STM32MP13x 上可获得的安全外设	10
表 8.	文档版本历史	13

图一览

图 1.	STM32MP13x 器件的启动模式选择	7
图 2.	STM32MP15x 器件的启动模式选择	7

重要通知 - 仔细阅读

意法半导体公司及其子公司（“ST”）保留随时对 ST 产品和/或本文档进行变更、更正、增强、修改和改进的权利，恕不另行通知。买方在订货之前应获取关于意法半导体产品的最新信息。ST 产品的销售依照订单确认时的相关 ST 销售条款。

买方自行负责对意法半导体产品的选择和使用，意法半导体概不承担与应用协助或买方产品设计相关的任何责任。

意法半导体不对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。

转售的意法半导体产品如有不同于此处提供的信息的规定，将导致意法半导体针对该产品授予的任何保证失效。

ST 和 ST 徽标均为意法半导体的商标。关于意法半导体商标的其他信息，请访问 www.st.com/trademarks。其他所有产品或服务名称是其各自所有者的财产。

本文档中的信息取代本文档所有早期版本中提供的信息。

© 2023 STMicroelectronics - 保留所有权利