



life.augmented

An aerial night view of a city, likely New York City, with a network of white lines and glowing nodes overlaid on the image, suggesting a global or digital network.

STM32WL Online Training 课程

David Liu

1. STM32WL 简介

2. STM32WL 硬件简介

3. STM32WL 软件简介

4. LoRa和LoRaWAN介绍

5. STM32WL LoRa 例程介绍

6. STM32WL 使用STM32 CubeMX 创建LoRa 节点应用

7. STM32WL LoRa RF 测试

8. STM32WL 安全特性介绍

9. STM32WL FUOTA 应用设计



life.augmented

STM32WL 简介



1 STM32WL无线MCU概览

6 STM32WL 生态系统

2 STM32WL 特征

3 STM32WL 架构

4 STM32WL 安全特性

5 STM32WL低功耗

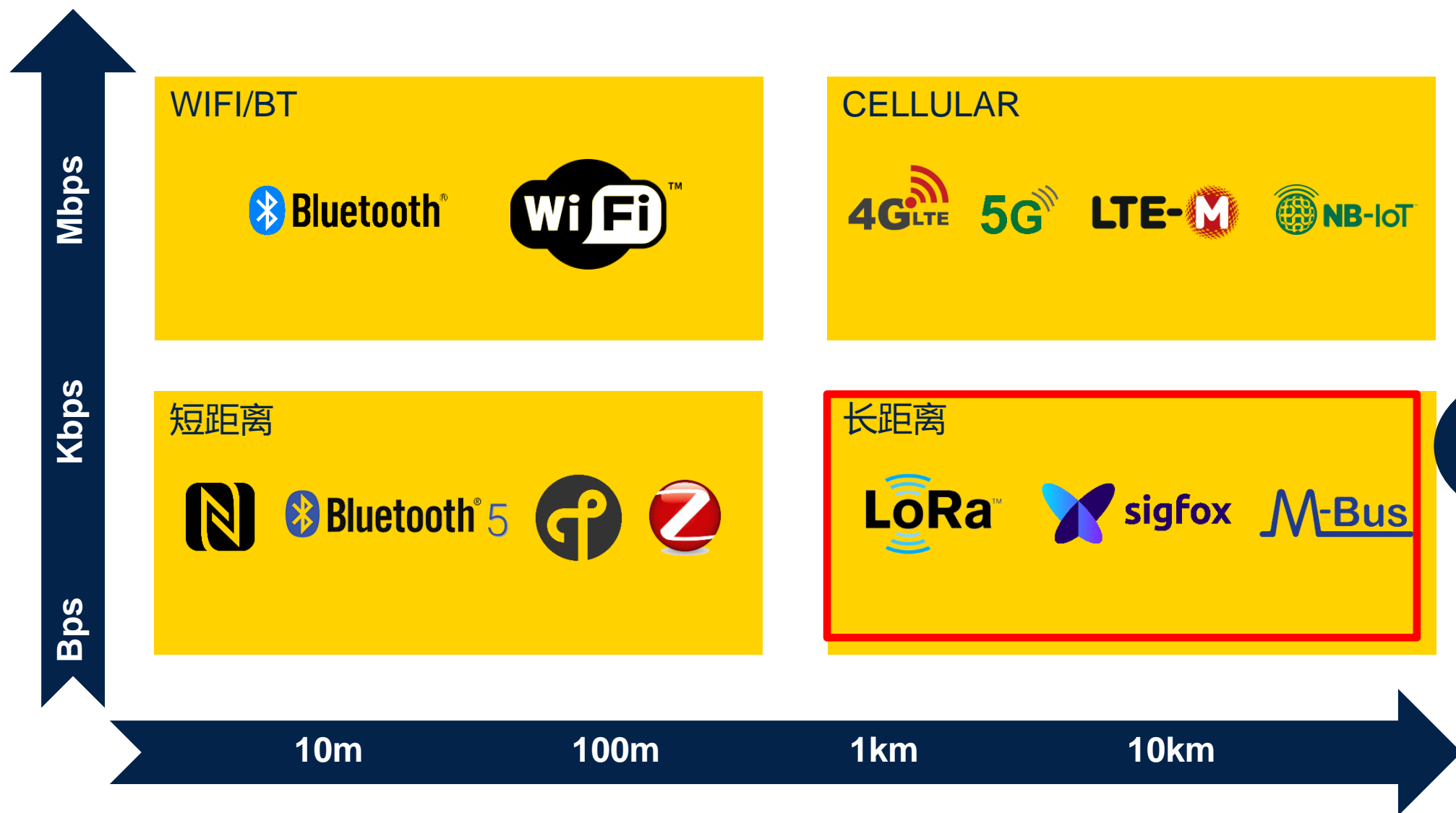


life.augmented

STM32WL无线MCU概览



无线通信技术



STM32的无线世界





STM32 MCU无线系列

超过60,000客户

自2007年以来，STM32出货量累计超过60亿

★ 高性能 MCU

STM32F2

398 CoreMark
120 MHz

STM32F4

608 CoreMark
180 MHz

STM32H7

CoreMark 3224
240 MHz Cortex -M4
Cortex -M7 500MHz

STM32F7

1082 CoreMark
216 MHz

STM32 MP1

4158/5136 CoreMark
650/800MHz Cortex- A7
209MHz Cortex-M4

» 主流 MCU

STM32F0

106 CoreMark
48 MHz

STM32G0

142 CoreMark
64 MHz

STM32F1

177 CoreMark
72 MHz

STM32F3

245 CoreMark
72 MHz

STM32G4

550 CoreMark
170 MHz

🔋 超低功耗 MCU

STM32L0

75 CoreMark
32 MHz

STM32L1

93 CoreMark
32 MHz

STM32L5

443 CoreMark
110 MHz

STM32L4

273 CoreMark
80 MHz

STM32L4+

409 CoreMark
120 MHz

📶 无线 MCU

STM32WB

216 CoreMark
64 MHz

STM32WL

162 CoreMark
48 MHz



Arm® Cortex®内
核

-M0

-M0+

-M3

-M33

-M4

-M7

双A7+M4双核

● 面向混合信号应用进行了优化

● 双核架构：Cortex-M4和M0+



life.augmented



life.augmented

STM32WL 特征





STM32WL SoC释放无限创造力

长距离无线微控制器：释放无限IoT应用可能

全球首款！



=

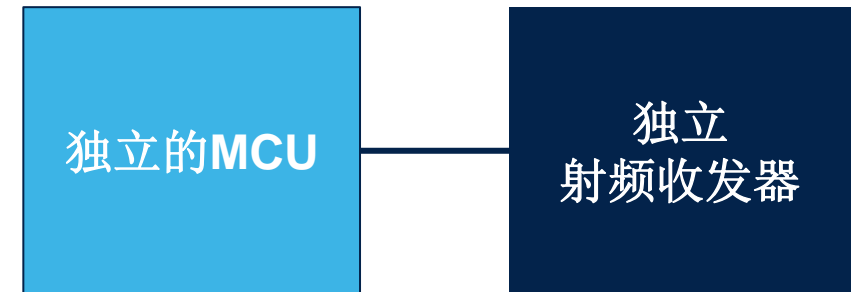



STM32WL SoC 高集成度


MCU + Radio : 2-合-1 解决方案



VS



- 
- SoC 方案 (系统级单芯片)
 - 多合一解决方案 – 大幅降低成本
 - 简化开发流程, 缩短产品上市时间
 - 单核或双核版本, 具有卓越的安全性

- 
- 2个独立芯片, 或SIP (系统级封装)
 - 更大的PCB (增加成本)
 - 有线通信更加暴露

STM32WL系列八大特性

与众不同的8大特性



(G)FSK
(G)MSK
BPSK

开放射频
多种调制协议



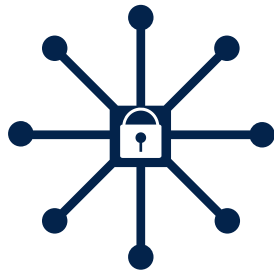
大规模集成
节约成本



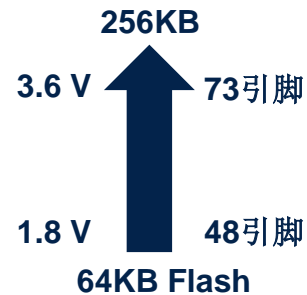
开放式双核平台



超低功耗



STM32安全性



型号众多



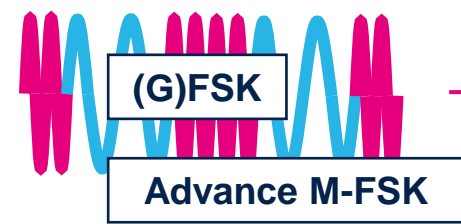
STM32
CubeMonitor

端到端生态系统
(先进的RF测试工具,
C代码生成工具...)



10年供货保证
免除后顾之忧

4种调制 – 支持多种协议



Proprietary





life.augmented

STM32WL 架构



单核-STM32WLEx

| Control | Arm® Cortex®-M4 DSP 48 MHz | Memory |
|--|--|--|
| Power supply 1.8 to 3.6 V w/ DCDC+ LDO POR/PDR/PVD/BOR | Nested vector interrupt controller (NVIC) | Up to 256-Kbyte Flash |
| Crystal oscillators 32 MHz (Radio + HSE) 32.768 KHz (LSE) | Memory protected unit (MPU) | Up to 64-Kbyte SRAM |
| Internal RC oscillators 32,768 KHz + 16 MHz + 48 MHz ± 1% acc. over V and T(°C) | JTAG/SW debug | Boot Lock |
| RTC/AWU/CSS | | Boot loader |
| PLL | ART Accelerator™ | |
| SysTick timer | AHB Bus matrix | Timers |
| 2 watchdogs (WWDG/IWDG) | 2x DMA 7 channels | 1 x 32-bit timer |
| 43 GPIOs | Radio | 3x 16-bit timers 3x ULP 16-bit timers |
| Cyclic redundancy check | LoRa®, (G)FSK, (G)MSK, BPSK | Analog |
| Voltage scaling (2 modes) | +15dBm & +22dBm Power Outputs -148 dBm sensitivity (LoRa) | 1x 12-bit ADC SAR 2.5 Msps |
| | 150 MHz to 960 MHz | 12-bit DAC |
| | | 2x ULP comparators |
| | | Temperature sensor |
| Security | | Connectivity |
| AES 256-bit + TRNG + PCROP | | 2x SPI, 3x I2C |
| Tamper detection | | 2x USART LIN, smartcard, IrDA, Modem control |
| | | 1x ULP UART |

主要特点:

- Arm® Cortex®-M4 & DSP up to 48 MHz
- 高达256 KB Flash and 64 KB SRAM
- **Sub-GHz Radio**
 - 多种调制方式: LoRa, (G)FSK, (G)MSK, BPSK
 - 2 路Tx 功率输出:
 - 1 output up to +15 dBm
 - 1 output up to +22 dBm
 - LoRa RX 灵敏度: -148 dBm (SF12, BW=10.4kHz)
 - RX: 4.82mA and TX: 15mA (at 10dBm) / 87mA (at 20dBm) [3.3V]
- **极致的低功耗特性**
 - < 71µA/MHz Active mode (3V - RF OFF)
 - 1 µA Stop2 mode with RAM retention
 - 390 nA Standby mode with RTC
 - 31 nA Shutdown mode
- **外设**
 - 3xI²C, 2xUSART, 1xLP-UART, 2xSPI
 - 7x timers + 2x ULP Comparators

- 1.8 to 3.6V 电压范围 (DC/DC, LDO)
- -40 to up to +105°C 温度范围



-> Packages: QFN48, BGA73

双核-STM32WL5x

| | | |
|---|---|--|
| Control <ul style="list-style-type: none"> Power supply 1.8 to 3.6 V w/ DCDC+ LDO POR/PDR/PVD/BOR Crystal oscillators 32 MHz (Radio + HSE) 32.768 KHz (LSE) Internal RC oscillators 32,768 KHz + 16 MHz + 48 MHz ± 1% acc. over V and T(°C) RTC/AWU/CSS PLL SysTick timer 2 watchdogs (WWDG/IWDG) 43 GPIOs Cyclic redundancy check Voltage scaling (2 modes) | Arm® Cortex®-M4 DSP 48 MHz <ul style="list-style-type: none"> Nested vector interrupt controller (NVIC) Memory protected unit (MPU) JTAG/SW debug | Memory <ul style="list-style-type: none"> Up to 256-Kbyte Flash Up to 64-Kbyte SRAM CM4 or CM0 Boot Lock Boot loader Hide protect |
| Security <ul style="list-style-type: none"> AES 256-bit + TRNG + PCROP Tamper detection Secure Areas Secure FW Install Debug control Boot Selection Secure Sub-GHz, MAC Layer, SFI Key Management Services | Arm® Cortex®-M0+ 48 MHz <ul style="list-style-type: none"> Nested vector interrupt controller (NVIC) Memory protected unit (MPU) SW debug | Timers <ul style="list-style-type: none"> 1 x 32-bit timer 3x 16-bit timers 3x ULP 16-bit timers Analog <ul style="list-style-type: none"> 1x 12-bit ADC SAR 2.5 Msps 12-bit DAC 2x ULP comparators Temperature sensor Connectivity <ul style="list-style-type: none"> 2x SPI, 3x I2C 2x USART LIN, smartcard, IrDA, Modem control 1x ULP UART |
| Radio <ul style="list-style-type: none"> LoRa®, (G)FSK, (G)MSK, BPSK +15dBm & +22dBm Power Outputs -148 dBm sensitivity (LoRa) 150 MHz to 960 MHz | ART Accelerator™ <ul style="list-style-type: none"> AHB Bus matrix 2x DMA 7 channels | |

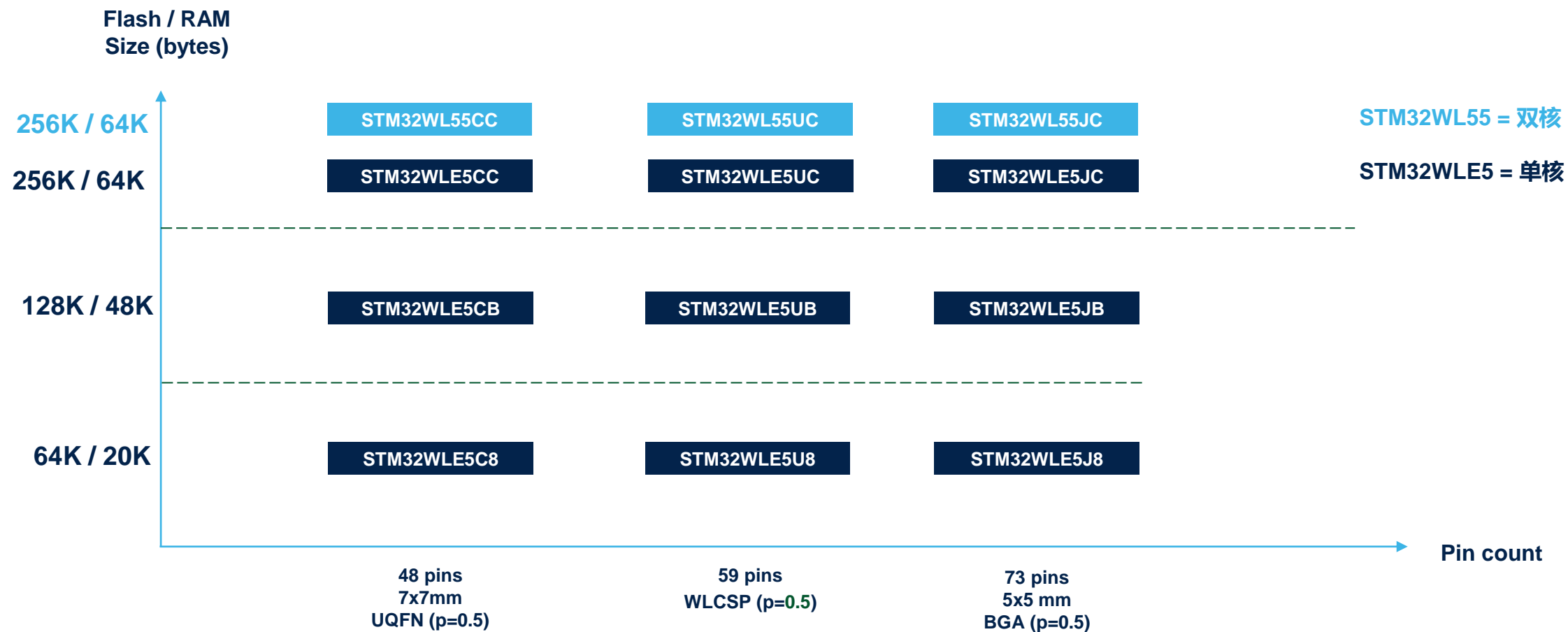
主要特点

- Arm® Cortex®-M4 & DSP up to 48 MHz
- Up to 256 KB Flash and 64 KB SRAM
- Arm® Cortex®-M0+ up to 48 MHz
- **Sub-GHz Radio**
 - 多种调制方式: LoRa, (G)FSK, (G)MSK, BPSK
 - 2 路Tx 功率输出:
 - 1 output up to +15 dBm
 - 1 output up to +22 dBm
 - LoRa RX 灵敏度: -148 dBm (SF12, BW=10.4kHz)
 - RX: 4.82mA and TX: 15mA (at 10dBm) / 87mA (at 20dBm) [3.3V]
- **极致的低功耗特性**
 - < 71µA/MHz Active mode (3V - RF OFF)
 - 1 µA Stop2 mode with RAM retention
 - 390 nA Standby mode with RTC
 - 31 nA Shutdown mode
- **外设**
 - 3xI²C, 2xUSART, 1xLP-UART, 2xSPI
 - 7x timers + 2x ULP Comparators
- **高级的安全特性**
 - 1.8 to 3.6V 电压范围(DC/DC, LDO)
 - -40 to up to +105°C 温度范围



-> Packages: QFN48, BGA73

STM32WL 型号分布






life.augmented

STM32WL 安全特性



STM32WL - 安全与防护

通过嵌入式安全与防护功能确保您的应用安全



安全

- 备份时钟电路
- 电源监控
- 双看门狗
- 闪存, 带ECC (地址状态寄存器)
- SRAM奇偶校验
- 循环冗余校验
- 所有模式下的欠压复位
- 时钟安全系统
- 备份字节寄存器





防护

- 入侵检测
- 读取和写入保护
- 存储器保护单元(MPU)
- 软件IP保护
- 真随机数发生器
- AES和公钥加速器(PKA)
- 唯一芯片ID (64位和96位)
- 用户闪存中启动锁定
- 确保CM4 / CM0之间安全硬件隔离
- 启动选择(SBS)
- 安全启动代码保护
- 调试控制
- 安全固件安装(SFI)
- 安全启动和安全固件升级*(SBSFU)
- 安全密钥管理服务*(KMS)
- 加密库*

适用于
STM32WL5x双核版本

* 软件可在st.com上下载

STM32WL - 扩展芯片安全保护

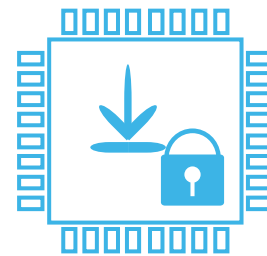
STM32WL5x双核安全特性



数据加密

安全密钥管理服务(KMS)

- 密钥存储在专用内存区域中
- 安全内存区域大小是可编程的
- 可以存储任何类型的密钥或安全对象



安全下载

安全固件安装或更新

- 嵌入式安全固件安装 (SFI)，确保安全使用来自非可信制造商的产品
- 可自定义的现场更新 (SBSFU)，执行非常安全的平台升级



固件IP保护

安全启动 (可信根) (SB)

- 从正确的安全内存位置启动
- 每个应用固件在执行之前都经过身份验证



身份验证

加密/密码

- 嵌入式硬件加密加速器确保高性能。支持ECC签名生成与验证
- 真随机数发生器TRNG
- 通过软件加密库额外支持DES/TDES、ARC4、HASH、Poly、CHACHA、MD5等



life.augmented

STM32WL低功耗



超低功耗



Wake-up
time to RUN

| |
|-------------|
| 6 cycles |
| 5 μ s |
| 5.5 μ s |
| 29 μ s |
| 29 μ s |
| 267 μ s |

Typ with LDO @ $V_{DD} = 3\text{ V}$ @ $25\text{ }^{\circ}\text{C}$

| | |
|-------------------------|--------------------------|
| RUN (Range1) at 48 MHz | 71* / 115 μ A / MHz |
| RUN (Range2) at 16 MHz | 100* / 115 μ A / MHz |
| SLEEP at 48 MHz | 28* / 35 μ A / MHz |
| STOP 1 (full retention) | 4.55 μ A**A |
| STOP 2 (full retention) | 1 μ A**A |
| STANDBY + 32 KB RAM | 445 nA**B |
| STANDBY | 71 nA* |
| SHUTDOWN | 31*** / 175 nA**B |
| V_{BAT} | 5*** / 200 nA**B |

RF
Capable

Benchmark 跑分

- 高性能
→ CoreMark score = 162¹
- 低功耗
→ ULPBbench score \approx 204¹

* Typical values with SMPS, RF OFF

**A RTC clocked by LSI / **B RTC clocked by LSE

*** All OFF

¹ Pending certification

超低功耗 & 面向物联网 适用于全球应用

市场上最佳的LoRa® 集成IP

| 传输 | | |
|----|------------------------|---------------|
| 参数 | 设置 | 值 |
| TX | +10 dBm 868/915 MHz | 15 mA DCDC |
| TX | +20 dBm 868/915 MHz | 87 mA DCDC |



全球
兼容性

| 接收 | | |
|--------------|--|-----------------------------------|
| 参数 | 设置 | 值 |
| LoRa®灵敏度 | BW_L = 10.4 kHz SF = 12 | -148 dBm |
| 2-FSK 灵敏度 | BR_F = 0.6 kb/s FDA = 0.8 kHz BW_F = 4 kHz | -125 dBm |
| RX | FSK 4.8kb/s buck 100mA (最高) | 4.47 mA DCDC 8.18 mA LDO |
| RX | LoRa® 125 kHz | 4.82 mA DCDC 8.9 mA LDO |



life.augmented

STM32WL 生态系统



STM32WL- 芯片和协议栈交付模式

开放式芯片，即时可用的协议栈



开放平台



认证的 LoRaWAN®协议栈

- 开放协议栈
- 可从st.com/STM32CubeWL 下载源代码



认证的协议栈从RC1到RC7
+ Monarch认证!

- 开放协议栈
- 可从st.com/STM32CubeWL 下载

STM32WL和FUOTA

无线固件更新（FUOTA）



STM32CubeWL中提供FUOTA库

适合大规模STM32WL
集体更新

LoRaWAN®与
网络服务器无关*

LoRaWAN®
Class B和C兼容

STM32WL – 生态系统概述

完全集成到丰富且经过市场验证的**STM32**生态系统中



STM32 Nucleo-64

开发非常容易的原型灵活硬件开发板:
NUCLEO-WL55JC1(High Band)
NUCLEO-WL55JC2(Low Band)

Dev tools

STM32CubeMX
STM32CubeWL
STM32CubeMonitor
STM32CubeProg
STM32CubeIDE + 合作伙伴IDE

Stacks

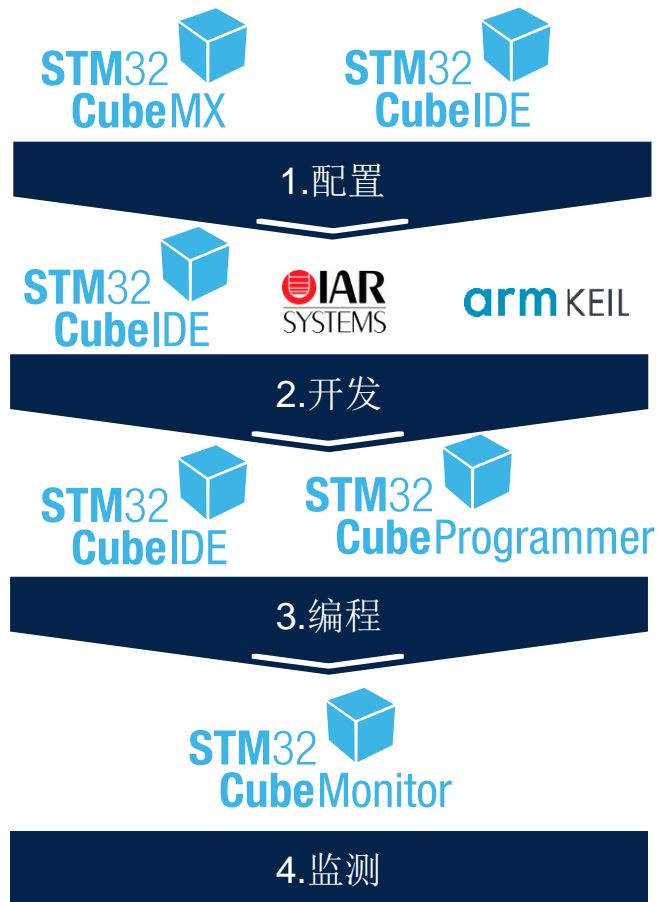
LoRaWAN (ST)
Sigfox (ST)
Wireless-MBUS (Stackforce)
ZETA (Zifisense)



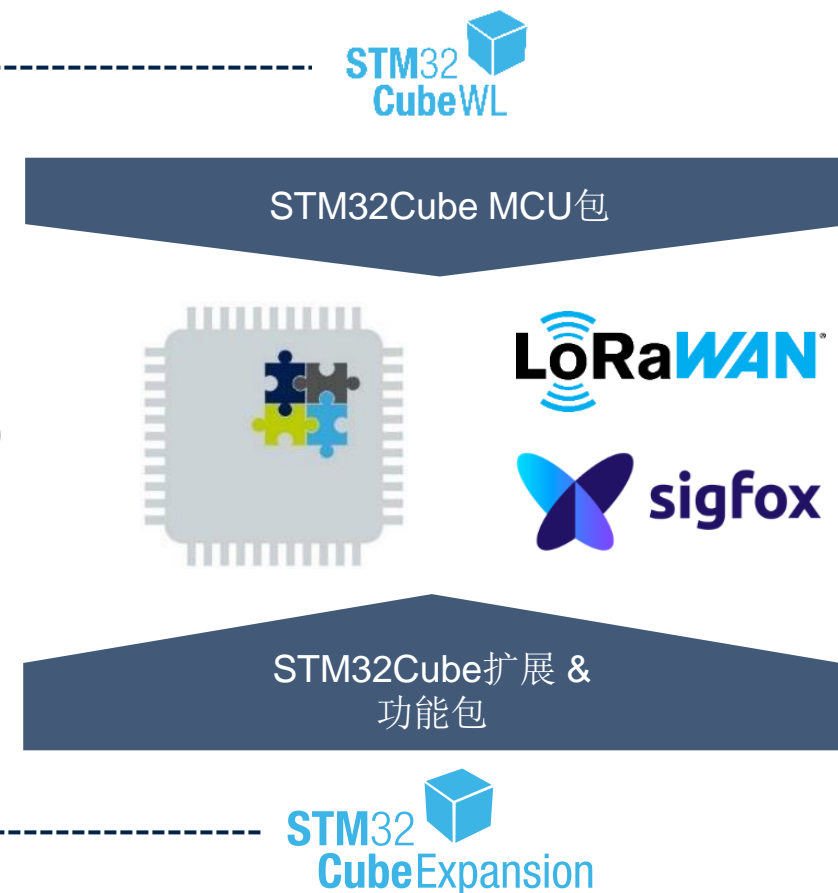
关键点：端到端生态系统



软件工具



嵌入式软件



节约您的产品开发成本!

集成的功能帮助您降低物料成本

优化元器件成本

- 深度整合元器件
- 系统级单芯片，避免使用第二个无线收发器
- 减少外部元件数量
- 单一32 MHz晶振用于CPU & 嵌入式无线收发器
- 32 kHz主时钟输出可用
- 可以使用一个32 MHz晶振（XO）替代温度补偿晶振（TCXO）
- 通过QFN封装可用2层低成本PCB



免费的生态系统

- LoRaWAN®协议栈：免费
- Sigfox协议栈：免费
- STM32CubeMX：免费
- STM32CubeMonitor：免费
- STM32CubeProg：免费



释放您的创造力



[/STM32](#)



[@ST_World](#)



[community.st.com](#)



[www.st.com/STM32WL](#)



[wiki.st.com/stm32mcu](#)



[github.com/意法半导体](#)



[STM32无线模块 – 视频播放列表](#)



[STM32WL博客文章](#)



life.augmented

Thank you

© STMicroelectronics - All rights reserved.

ST logo is a trademark or a registered trademark of STMicroelectronics International NV or its affiliates in the EU and/or other countries.

For additional information about ST trademarks, please refer to www.st.com/trademarks.

All other product or service names are the property of their respective owners.



life.augmented