

- 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







STM32WL LoRa RF 测试

David Liu





- 1 LoRa RF 测试项目
- 2 STM32WL LoRa RF 测试环境搭建
- 3 STM32WL LoRa RF 测试方法





LoRa RF 测试项目



LoRa RF 测试项目

LoRa常见测试项目:

- TX:
 - 1. TX输出功率
 - 2. TX 谐波测试
 - 3. 杂散测试
- RX:
 - 1. RX 灵敏度测试
 - 2. 干扰和阻塞测试
 - 3. 频率误差容限测试
 - 4. RX带宽测试

注:

life.augmented

1.具体测试内容请参考认证需求或各国无线安全规范,比如ETSI EN 300 220-1/ARIB STD-T108 /FCC 15-247。

2.STM32WL RF性能请参考芯片规格书DS13105 Multiprotocol LPWAN 32-bit Arm Cortex-M4 MCUs, LoRa, (G)FSK, (G)MSK, BPSK, up to 256KB Flash, 64KB SRAM (version 8)



STM32WL LoRa RF 测试环境搭建



- 硬件:
 - STM32WL55JC Nucleo Board
 - 高频板NUCLEO-WL55JC1: 868/915/923 MHz
 - 低频板NUCLEO-WL55JC2: 433/470/510 MHz

UM2592: STM32WL Nucleo-64 board (MB1389)

- ・ 频谱分析仪:
 - TX功率输出测试
 - 谐波,杂散测试
 - 占用带宽
 - 调制特性测试

・ 信号发生器:

- RX 灵敏度测试
- RX 阻塞测试
- 同道/邻道干扰测试
- RSSI测试

life.augmented









7



1.STM32WL TX 测试







• STM32WL Nucleo 板烧写LoRaWAN_AT_Slave FW:

STM32Cube_FW_WL_V1.0.0\Projects\NUCLEO-WL55JC\Applications\LoRaWAN\LoRaWAN_AT_Slave

• 通过串口下AT 指令方式:

AN5481: LoRaWAN® AT commands for STM32CubeWL

・使用STM32CubeMonitor version 1.1.0或更新的版本 ——GUI
 界面操作

https://wiki.st.com/stm32mcu/wiki/STM32CubeMonitor:Wireless_Long_Range_RF_Test

<u> </u>	COM16 - 1	Tera Term VT					_		Х
File	Edit Se	tup Control	Window	Help					
AT +T	CONF=4	70:22:125	7:4/5:0	:0					^
OK AT+T 1: FP 3: B 4: S 5: CL 7: P 8: ₪ 9: P 10: 11: B can	CONF=? req= 4 ower= 2 andwidt F= 7 R= 4/5 NA Stat A Boost A Boost odulat ayload Frequer LowDRoj T produ be copy	70000000 H 22 dBm th= 125000 t State= 0 t State= 0 len= 16 l ncy deviat pt[0 to 2 uct not a y/paste in	z Hz ytes ion not = 0 plicabl(set cm(applicable e d: AT+TCONF=4	17000000:22:4:7:4/	5:0:0:1:1	6:250	00:0:	3
OK		-starf	RE Th	rtest					
24s9 OK	TONE 59:Tx 1	FSK Test							
24s9 0K	TONE 59:Tx 1	ESK Test							v
24s9 OK	59:Tx 3	osrd			_				
24s9 OK	TONE 59:Tx 1 e-RED Dashb RF test L	ORA							
24s9 0K	TONE 59:Tx 1 e-RED Dashb RF test L	ORA RSSI TEST		CW (TONE) TEST	PER TEST	DX/	RX		
24s9 OK	TONE 59:Tx 1 RF test L Lora	OGA ORA RSSI TEST Transmission		CW (TONE) TEST	PERTEST	TX/	RX		
24s9 OK	TONE 59:Tx 1 re-RED Dashb RF test L Lora RF free 868	ORA RSSI TEST D Transmission Uuency			PER TEST	TX/I	RX		
24s9 OK	ERED Dashb RF test L RF free 868 868 875	ORA RSSI TEST Dransmission uency er		CW (TONE) TEST	PERTEST	TXA	RX		×
24s9 OK	TONE 59 FTx 1 re-RED Dashb RF test L RF test L RF free 868 XX Pow S	er START	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	CW (TONE) TEST	PER TEST	DV/	RX		
24s9 OK	TONE J 59:Tx 1 RF test L RF test L RF free 868 TX Pow S	er START Coard CORA RSSI TEST D Transmission UPPROV B TART Innection		CW (TONE) TEST	PERTEST	TXA	RX		
24s9 OK	TONE 59:Tx 1 59:Tx 1 re-RED Dashb RF test L Lora 868 TX Pow S	er START ATTAINSTIC START START CORA	1 Nor. 9, Mar 2	CW (TONE) TEST	PERTEST	TX/	RX		
24s9 OK	S9:Tx 1 S9:Tx 1 RF test L RF free 868 Tx Pos S Cor s	ercence start		CW (TONE) TEST	PERTEST	DA/	RK		
2459 OK	TONE J 59:Tx 1 RF test L RF test L RF free 868 TX Pow S	er START Annection tatus :			PERTEST	DX/	RX		
24s9 OK	TONE 59:Tx 1 59:Tx 1 RF test L RF free 868 TX Pow S	er START ATTAINSTIC START ATTAINSTIC START ATTAINSTIC ATTAINA ATTA		CW (TONE) TEST	PERTEST	TX/	RX		
24s9 OK	tone sered Dashb RF test L Lora B688 IX Pow S Coi	ercence overd ORA RSSI TEST D Transmission wency er START nnection tatus :		CW (TONE) TEST	PERTEST	DA/	RX		





STM32WL LoRa RF 测试方法





•测试方法1:通过串口下AT 指令方式:

・测试方法2: 使用STM32CubeMonitor





测试方法1:通过串口下AT 指令方式



通过串口下AT指令

AT 指令:

AT+TRSSI: Starts RF RSSI tone test

AT+TTONE: Starts RF Tone test

AT+TTLRA: Set Nb of packets sent with RF Tx LORA test

AT+TRLRA: Set Nb of packets to be received with RF Rx LORA test

AT+TCONF: Config LORA RF test [Freq in Hz]:[Power in dBm]:[Bandwith in kHz]:[SF]:4/[CR]:[Lna]:[PA Boost]

AT+TOFF: Stops on-going RF test

AT+CERTIF: Set the module in LoraWan Certification Mode

AT+VL: Set the Verbose Level with integer from 0(VLEVEL_OFF) to 3(VLEVEL_H)

操作参考:

AN5481: LoRaWAN® AT commands for STM32CubeWL





- 打开串口工具,
- 如右图示配置串口

Port:	COM19 -	ОК
Baud rate: (9600 🗸	
<u>D</u> ata:	8 bit 🔹	Cance
P <u>a</u> rity:	none 🔻	
<u>S</u> top:	1 bit 🔹	<u>H</u> elp
low control		





1. 在STM32WL Nucleo板上下载LoRaWAN_AT_Slave FW:

STM32Cube_FW_WL_V1.0.0\Projects\NUCLEO-WL55JC\Applications\LoRaWAN\LoRaWAN_AT_Slave

- 2. 使用Micro USB线连接上STM32WL Nucleo板,打开串口工具,
- 3. UART 配置= 9600, 8b, 1 个停止位, 无校验, 无流控.
- 4. 在串口输入对应的AT指令





配置RF 参数并查看配置后内容

- AT+TCONF= :Config LORA RF test [Freq in Hz]:[Power in dBm]:[Bandwith in kHz]:[SF]:4/[CR]:[Lna]:[PA Boost] •
- 举例: Freq:470Mhz, TX:22dBm, BW:125KHZ, SF:7, CR:4/5 AT+TCONF=470:22:125: 7:4/5:0:0 •

	🔟 COM16 - Tera Term VT - 🗌 🗌	\times
指令:	File Edit Setup Control Window Help	
AT+TCONF=470:22:125: 7:4/5:0:0	12 BT product not applicable can be copy/paste in set cmd: AT+TCONF=868000000:14:4:12:4/5:0:0:1:16:25000:0:3	-
AT+TCONF=?	ОК AT+TCONF=470:22:125:7:4/5:0:0	
	AT AT+TCONF=? 1: Freq= 470000000 Hz 2: Power= 22 dBm 3: Bandwidth= 125000 Hz 4: SF= 7 5: CR= 4/5 6: LNA State= 0 7: PA Boost State= 0 8: modulation LORA 9: Payload len= 16 Bytes 10: Frequency deviation not applicable 11: LowDRopt[0 to 2]= 0 12 BT product not applicable can be copy/paste in set cmd: AT+TCONF=470000000:22:4:7:4/5:0:0:1:16:25000:0:3	ž



• AT指令:

•

•



开始RF TX

• AT指令:AT+TTONE

• 测试结果截图: SA Configure: Freq= 470MHz, SPAN= 2MHz, AMPT= 25dBm, offset=0, RBW=VBW= Auto, MAX HOLD mode, Peak Value.

Image: Comparison of the compar		ectr	um Ref: 25.0 dl Att: 40 dB 470.009524	Bm 4 MHz	RBW VBW 21.1 d	: 30 kH; : 30 kH; Bm	sW Trig	T: 20 m : Free F	20/08/ s Tra lun Det	′20 13: ice: Ma tect: Ma	39 (
OK AT+TCONF=? 1: Freq= 470000000 Hz 2: Power= 22 dBm 3: Bandwidth= 125000 Hz 4: SF= 7 5: CR= 4/5 6: LNA State= 0	15 5.(-5	i.0 — 0 — .0 — 5.0 –									
7: PA Boost State= 0 8: modulation LORA 9: Payload len= 16 Bytes 10: Frequency deviation not applicable 11: LowDRopt[0 to 2]= 0 12 BT product not applicable can be copy/paste in set cmd: AT+TCONF=470000000:22:4:7:4/5:0:0:1:16:25000:0:3	-2 -3 -4 -4	5.0 - 5.0 - 5.0 - 5.0 -		www	water	source of the second	- Werner	Munnage -	to the second	and a start worked	whyman
OK AT+TTONE Start RF TX test 24s959:Tx FSK Test OK	-6 C	5.0 _ ente Sa	er:470 MHz	Recall	R	ecall		Sr	an:2 MH	1z M	File





RF参数配置: Freq:470MHZ, SF:7, BW:125KHZ, CR:4/5, Idro:off, TX=22dBm

• AT指令:AT+TCONF=470:22:125: 7:4/5:0:0

• 测试结果: Command: AT+TTLRA=10 Sensitivity: -125dBm

🔟 COM16 - Tera Term VT - 🗆 X	🔟 COM16 - Tera Term VT	- 🗆	×
File Edit Setup Control Window Help	File Edit Setup Control Window Help		
AT_ERROR AT AT AT+TCONF=470:22:125:7:4/5:0:0	02 AT+TRLRA=10 1475s665:PRE OK 1475s682:HDR OK 1475s705:0nRxDone 1475s705:BssiValue=-111 dBm. SnrValue=-8		^
OK AT+TCONF=? 1: Freq= 470000000 Hz 2: Power= 22 dBm 3: Bandwidth= 125000 Hz	1475s705:Rx 1 of 10 >>> PER= 0 % 1475s719:PRE OK 1475s734:HDR OK 1475s756:OnRxDone 1475s756:RssiValue=-111 dBm, SnrValue=-8		
4: $SF= 7$ 5: $CR= 4/5$ 6: LNA State= 0 7: PA Boost State= 0	1475s756:Rx 2 of 10 >>> PER= 0 % 1475s771:PRE OK 1475s786:HDR OK 1475s808:OnRxDone 1475s808:OnRxDone		
8: modulation LORH 9: Payload len= 16 Bytes 10: Frequency deviation not applicable 11: LowDRopt[0 to 2]= 0 12 BT product not applicable	1475s808:RS:10a1de=112 dBm, ShF0a1de=-8 1475s808:Rx 3 of 10 >>> PER= 0 % 1475s823:PRE OK 1475s837:HDR OK 1475s860:OnRxDone		
can be copy/paste in set cmd: AT+TCONF=470000000:22:4:7:4/5:0:0:1:16:25000:0:3 OK	1475s860:RssiValue=-111 dBm, SnrValue=-8 1475s860:Rx 4 of 10 >>> PER= 0 % 1475s875:PRE OK 1475s888:HDR OK		~





测试方法2: STM32CubeMonitor 测试



STM32CubeMonitor1.1.0或更新版本可以测试以下STM32WL项目:

- 显示RSSI值
- 发送连续波信号
- PER测试
- TX,RX相关测试
- 发送 AT 指令到STM32WL
- 计算LoRa[®] 数据包的AirTime

Design - STM32CubeMonitor		-			
Node-RED Dashboard				DEPLOY	C DASHBOARD
RF test LORA				▶ + =	i 信题 i 贵 屾 マ
RF test LORA	T CW (TONE) TEST	PER TEST	TX/RX	i i	~ 信息
RE test ESK					节点 "8d730974.3c9dd8"
In test isk	n				姓名 Serial Port A
AT CMD					类型 serial in
				IAL PORT HES	展开▼
Lora Air Time	STOP				~ 描述
				Port A	~ 节点帮助
4					Reads data from a local
	K331			To Flor	Can either
	-120 (Bits) 0				wait for a "split" character (default \n). Also accepts hex notation (0x0d). Wait for a timeout in
	RSSI				C ×
4					按注 ctrl 的同时点
					山上作界回 可以住
					卫点的对话性中快
					遇添加节点。
	the state of the second se			+	



配置Nucleo板

在STM32WL Nucleo 板上烧写LoRaWAN_AT_Slave FW:

STM32Cube_FW_WL_V1.0.0\Projects\NUCLEO-WL55JC\Applications\LoRaWAN\LoRaWAN_AT_Slave



1.打开STM32CubeMonitor1.1.0, 会显示一个默认的Basic_Flow(后面需要删除)。这时导入RF测试流程.json文件:

STM32Cube_FW_WL_V1.0.0\Projects\NUCLEO-WL55JC\Applications\LoRaWAN\LoRaWAN_AT_Slave\STM32C ubeMonitor\WLR_RF_test.json



步骤1



2. 导入RF 测试流程.json文件:

STM32Cube_FW_WL_V1.0.0\Projects\NUCLEO-WL55JC\Applications\LoRaWAN\LoRaWAN_AT_Slave\STM32 CubeMonitor\WLR_RF_test.json



BIX ● 新聞文供表 第 ● (加) ● (加) ● (加) ● (加) ● (加) ● (加) ● (加) ● (加) ● (加) ● (加) ● (加) ● (1) ● (1) ● (1) ● (1) ●	- Design - STM32CubeMonitor - 打开 - ① - 』 (LoRaWAN_AT_Slave) STM32CubeM	onitor • + 搜索 STM32CubeMonitor 户		- ₫ × DEDLOY (2ª DASHBOARD)
※ 你還来 ● 你沒日時 ● 如 ● 小菜 ● 次注 ● 公式/10/28 16.29 > SON 文件 ● 次注 ● 公式/10/28 16.29 > SON 文件 ● 公共 ● 次注 ● 公式/10/28 16.29 > SON 文件 ● 公共 ● 原本 ● 回 ● 回 ● 回 ● 原本 ● 回 ● 回 ● 回 ● 原本 ● 回 ● 回 ● 回 ● 文指 ● 回 ● 回 ● 回 ● 小別 ● 回 ● 回 ● 回 ● 小別 ● 回 ● 回 ● 回 ● 小別 ● 回 ● 回 ● 回	组织 ▼ 新建文件夹		i	信息 美山 -
第 下線 2020/10/28 16-29 JSON 文件 第 新 第 新 第 新 第 新 第 新 第 新 第 新 第 新 ※ 新 8 部 ※ 新 8 部 ※ 新 8 部 ※ 新 8 部 ※ 新 8 部 ※ 新 8 部 ※ 新 8 部 ※ 新 8 部 ※ 新 8 部 ※ 新 8 部 ※ 新 8 部 ※ 新 8 部 ※ 新 8 部 ※ 新 8 部 ※ 新 8 部 ※ 新 9 ※ ※ 新 9 ※ ※ 新 9 ※ ※ 新 9 ※ ※ 新 9 ※ ※ 新 9 ※ ※ 9 ※ ※ 9 ※ ※ 9 ※ ※ 9 ※ ※ 9 ※ ※ 9 ※ ※ 9 ※ ※ 9 ※ ※ 9 ※ ※ <	★ 收藏夹 ▲ 名称	修改日期 美型	· · ·	信息
第420 第20 1/2 1/2 1/2 1/2 1/2 1/2 1/2 1/2 1/2 1/2	WLR_RF_test.json	2020/10/28 16:29 JSON 文件 的文件	Sec. 1	星 "7b9ed63e 2138f8"
	桌面 美型: JSON 文件 気量: 533 KB		81	亦 Basic_Flow
■ 「 「 「 「 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」	修改日期: 2020/1	0/28 16:29	t	な
■F ② 文描 ③ 音乐 ③ 京原組 一 文件名(N): ① JTT(O) ● 歐端 ●入到 现在的节点 新流程 ●入到 现在的节点 新流程 ●入到 现在的节点 新流程 ●入到 现在的节点 新流程	□ 库 ■ 视频		~	描述
★ 家庭祖 文件名(N): · 功能 号入到 现在的节点 新流程 取消 号入 取消 号入 取消 号入	■ 四方 ■ 文档 ♪ 音乐		Ba	isic flow to start with FM32CubeMonitor.
功能 引入到 现在的节点 新流程 版消 分入 取消 分入 节点的属性设置画面、	▲ 家庭組 文件名(N):	Ⅲ ▼ Custom Files 打开(O) ▼ 取満		
「「function」 「「function」 「「function」 「「function」」 「「f	~ 功能			0
を可以通过点击 enter 来显示被法中 取消 与入 节点的属性设置画面。	function b	导入到 现在的节点 新流程		
	switch			即以通过点击 enter 来显示被选中 节点的属性设置画面。



F 测试流程.ison文件 成功后,双击删除

3. 导入RF 测试流程.json文件 成功后,双击删除 默认的Basic_Flow:





步骤4

4. STM32WL Nucleo 板通过Micro USB 线接入电脑, STM32CubeMonitor选择串口A:





步骤5



5. 配置串口A 端口:



步骤6

Design - STM32CubeMonitor - 0 X STM32 C DASHBOARD = CubeMonitor Q过滤节点 Serial Port A Serial Port B **RF UI Control** RF Lora RX RF FSK RX RF Lora TX + = 信用主 ÷ [ad ~ 信息 STMicroelectronics 节点 "8d730974.3c9dd8" 姓名 Serial Port A SERIAL PORT CONFIGURATION AND AT RESULT PARSER 类型 serial in acq in 展开 • SELECT SERIAL PORT HER From Flow ~ 描述 validate command Seriai Port A ~ 节点帮助 Reads data from a local serial port. Can either To Floi ~ 子流程 port A · wait for a "split" Timeout character (default \n). Single value Also accepts hex notation (0x0d). · Wait for a timeout in ~ 功能 C × 您可以用 + ↑ ↓ function → 键来移动被选中 Serial Port A AT Result formatter switch 的节点。按住 6 可 Result parsing * 以更快地移动节 change 05-•

6. 点击DEPLOY部署RF测试流程:



STM32CubeMonitor测试界面



7. 点击DASHBOARD,打开RF测试,显示LoRa 测试页面,可选择需要的项目测试:

Design - STM	32CubeMonitor	-					- 0 - X
Node-RE	D Dashboard			l		DEPLOY	C DASHBOARD
E Rr	Test LORA					▶ + 😑	i值版 i 资 Ш ▼
	RSSI TEST CW	(TONE) TEST	PER TEST	TX/RX	4.Star	t testing	~ 信息
							节点 "8d730974.3c9dd8"
1	Lora PER Parameters	45	Lora PER Results				姓名 Serial Port A
	Bandwidth 125	-	Frames counter				奏型 senal in 展开・
1					14	AL PORT HER	
4	Spreading factor 12	•	RSSI			-	✓ 润还
4	Coding Rate 4/6	•	SNR			ort A	~ 节点帮助
	TV Devee						Reads data from a local
	0		PER			To Flor	Can either
1	Number of Frames						wait for a "split"
	5						character (default \n).
	Multiple Frequency	-			I II		notation (0x0d).
1	START	STOP					• Wait for a timeout in
							按住 ctrl 的同时点
d	Connection status :						击工作界面可以在
	Loro DED Multiple Frequencies						卫 屈的对话 一甲伏
	Lora MER Multiple Frequencies					· - 0 +	
	RSSI TEST CW Lora PER Parameters Bandwidth 125 Spreading factor 12 Coding Rate 4/6 TX Power 0 Number of Frames 5 Multiple Frequency START Connection \$tatus : Lora PER Multiple Frequencies Statt PER Frequency	(TONE) TEST	PER TEST Lora PER Results Frames counter RSSI SNR PER		4.Star	AL PORT HEF	* 信息 * 描述 * 描述 * 描述 * 描述 * 指述 * 方点帮助 Reads data from a local serial port. Can either • wait for a "split" character (default 'n). Also accepts hex notation (0x0d). • Wait for a timeout in * 按住 ctrl 的同时点 古工作界面可以在 节点的对话栏中快 · 速添加节点。



STM32CubeMonitor测试界面

步骤8

8. RF测试dashboard,除了可以测试LoRa,
还包括FSK 测试, AT CMD操作
STM32Nucelo板以及AirTime的计算:





STM32CubeMonitor LoRa测试举例

测试LoRa TX/RX, 需要配置STM32 WL Nucleo 板工作频段和功率。然后点击 START





STM32CubeMonitor FSK测试举例

测试FSK PER

RSSLTEST	CW (TONE) TEST	PER TEST	TX/RX		▲ ~ 信息
NOT TEXT	ch (fond) i con		- My New		节点 "8d73097
ESK PER Parameters		FSK PER Multiple Frequence	ies		姓名 Serial Por
Bandwidth		Start PER Frequency			类型 serial in
TX Power 0		End PER Frequency 864		IAL PORT HER	~ 描述
Datarate 50000		Step PER Frequency 0.2		Port A J	~ 节点帮助
Number of Frames 5		FSK PER Results			Reads data from serial port.
Multiple Frequency	-	Frames counter		To Flor	wait for a "sp character (de
START	STOP	RSSI			Also accepts notation (0x0
Connection	(III)	PER			
	×				按住1的同时



STM32CubeMonitor AT指令举例

在STM32CubeMonitor 上使用 AT 指令操作STM32WL Nucleo 板。





STM32CubeMonitor AirTime计算举例

在STM32CubeMonitor上进行 LoRa数据包AirTime计算。

Design - STM32CubeMonitor	
Node-RED Dashboard	DEPLOY C DASHBOARD
≡ Lora Air Time) + = i (ài i à la -
LoRa Modem settings	▲ < 信息
Psu(part langth (hutse)	节点 "8d730974.3c9dd8"
Spreading factor 12	姓名 Serial Port A
Bandwidth (kHz) 125	类型 serial in
	IAL PORT HER
Code rate 1 Explicit Header Yes	→ 損迷
Air time of your LoRa frame CRC Yes	Port A II ~ 节点帮助
Modem configuration Yes	Reads data from a local serial port.
	To Flot Can either
Preamble length (ms): 401.41	wait for a "split"
Symbol length (ms): 32.77	character (default \n). Also accepts hex notation (0x0d). • Wait for a timeout in
Symbols in frame: 63	C ×
Time on air (ms): 2465.79	ctrl-ŷj和 ctrl-ŷk 可以切换标 签页。
Duty cycle (mm:ss): 04:07	



https://wiki.st.com/stm32mcu/wiki/STM32CubeMonitor:Wireless_Long_Range_RF_Test

总结

- LoRa RF 测试项目
 - 1. TX 测试: 功率输出, 谐波, 杂散, 带宽测试
 - 2. RX 测试: 接收灵敏度, RSSI 等

- STM32WL LoRa RF 测试环境搭建
 - 1. 硬件: STM32Nucleo 板,频谱分析仪,信号发生器
 - 2. 软件: LoRaWAN_AT_Slave FW,AT 指令,STM32CubeMonitor,串口工具

- STM32WL LoRa RF 测试方法
 - 1. 使用AT指令方式
 - 2. 使用STM32CubeMonitor



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 <u>www.st.com/trademarks</u>. All other product or service names are the property of their respective owners.

