ASR6601 Hardware Training —— 张爱华



ASR6601 Hardware Training



- ▶ 第一部分 LoRa是什么
- ➤ 第二部分 ASR 6601产品简介以及硬件设计
- ➤ 第三部分 ASR 6601射频性能测试
- ➤ 第四部分 ASR 6601常见问题解决



第一部分 LoRa是什么

ASR Confidential 2021

什么是LoRa



LoRa (LongRange) 是一种基于CSS的扩频调制技术,能够显著提升通信距离,适用于低频次、小数据量、长距离的LPWAN低功耗广域网,具有如下优点:

- ▶ 信号淹没在噪声中,接收方只需要知道正交的扩频序列即可从噪声中恢复信号
- ➤ 比FSK更好的灵敏度(更好的Eb/No),更强的抗干扰、抗噪声和抗阻塞能力
- ▶ 扩频因子不同时可以使用相同的信道(不同的扩频序列之间是正交的,因此频率可以复用)
- > 宽带扩频技术, 抗多径、抗衰落能力强

LoRa主要射频参数



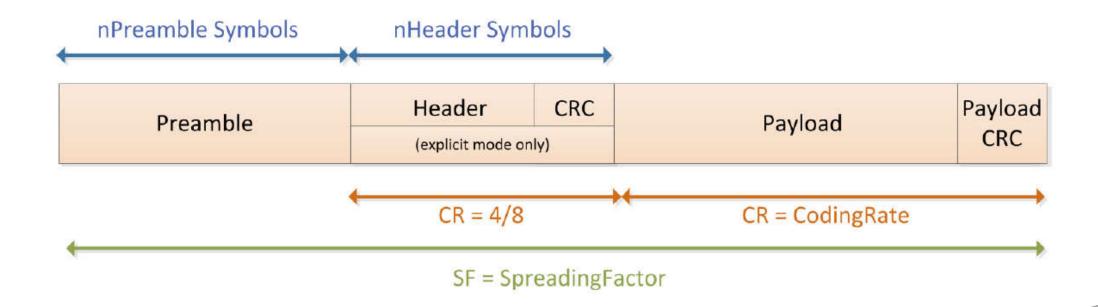
使用LoRa通信,发送与接收端需要配置相同的射频参数,详见下表:

参数	描述
SyncWord	同步字, sx127x系列长度1字节, sx126x系列长度2字节, sx126x与sx127x保持兼容
Preamble	前导码,LoRaWAN长度8
Frequency	ASR LoRa产品支持150MHz~960MHz的频率范围
SpreadFactor	确切为扩频因子的Log ₂ 值,取值范围是5~12,实际扩频因子值为2 ^{SF}
BandWidth	调制带宽,最低可支持7.81kHz,低于62.5kHz必须要使用TCXO以确保精度, LoRaWAN使用125kHz/250kHz/500kHz
CodeRate	LoRa采用前向编码纠错技术,支持4/4、4/5、4/6、4/7和4/8的码率
CRC	硬件CRC校验,LoRaWAN上行开启,下行关闭
InvertIQ	LoRaWAN上行为标准IQ,下行为逆置IQ

ASR Confidential 2021

LoRa报文格式





ASR6601产品简介



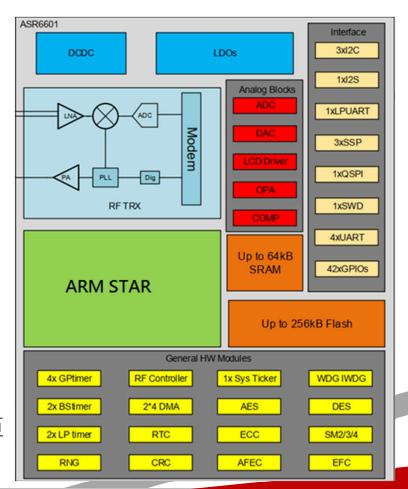
第二部分 ASR 6601产品简介以及硬件设计

ASR6601简介



ASR6601是由翱捷科技股份有限公司研发的首颗支持LoRa调制方式的国产低功耗广域网无线通信SoC,内部集成了Sub 1GHz射频收发机、ARM STAR微处理器。

- ▶ 支持150MHz[~]960MHz的频率范围
- ▶ 最大输出功率+22dBm
- ▶ 最高灵敏度达-148dBm
- ▶ 最大可支持256KB的Flash和64KB的SRAM
- > 具有出色的低功耗性能
- ▶ 集成了丰富的外设,以及国际和国密的加密算法硬件加速器。



ASR6601 芯片选型



	型号 	ASR6601CB	ASR6601SE	
	Core	48-MHz ARM	Cortex M4	
MCU	Flash	128KB	256KB	
	SRAM	16KB	64KB	
	通信频段	150MHz ~	960MHz	
	调制模式	Supports LoRa/(G)FSK/BPSK/(G)MSK modulation		
	传输协议	LoRaWAN, LinkWAN		
无线通信	LoRa发射功率	Up to +22 dBm		
	LoRa接收灵敏度	-148 dBm		
	LoRa发射电流	<90mA@+17dBm, 108 mA@+22dBm		
	LoRa接收电流	<9m	A	
电气特性	休眠功耗1	0.9uA@Without RF Without		
	休眠功耗2	1.3uA@With RF/MCU Retention and RTC	1.6uA@With RF/MCU Retention and RTC	
	工作电压	1.7 V~3.7V (Typ3.3V)		
	工作&储存温度	Storage: -55 ~ +125°C; Operating: -40 ~ +85°C		
	工作&储存湿度	I Storage: 5 ~ 95% (Non-Condensing) I Operating: 10 ~ 95% (Non-Condensing)		
	GPIO	26 (Configurabale)	42 (Configurabale)	
	LCD	Configurabale 5 x COM, 11 x SEG	Configurabale 7 x COM, 27 x SEG	
	UART	4	4	
	SPI	3	3	
DI 2014 C	12C	3	3	
外部接□	128	1	1	
	ADC	5	4	
	QSPI	0	1	
	DAC	1	1	
	LPUART	1	1(Rx Only)	
	SWD	1	1	
封装		QFN48, 6mm x 6mm x 0.9mm	QFN68, 8mm x 8mm x 0.9mm	

ASR Confidential 2021

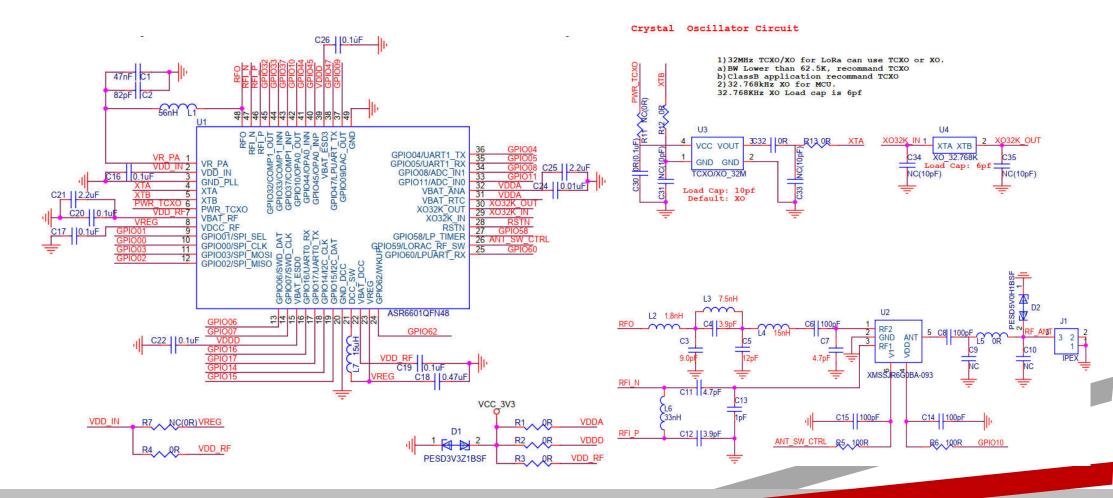
ASR LoRa系列产品



形态	型号	描述
SID	ASR6501	Cortex-M0+ MCU + SX1262, 128KB Flash+16KB SRAM, 150MHz~960MHz, QFN48
	ASR6502	Cortex-M0+ MCU + SX1262, 128KB Flash+16KB SRAM, 150MHz~960MHz, QFN60
	ASR6505	STM8L152 MCU + SX1262, 64KB Flash+4KB SRAM+2KB E2P, 150MHz~960MHz, QFN68
LoRa RF SiP	ASR6500SL	SX1262 + 32M XO + RF Switch + Matching Network, 433MHz~510MHz, LGA12
	ASR6500SLT	SX1262 + 32M TCXO + RF Switch + Matching Network, 433MHz~510MHz, LGA12
	ASR6500SHT	SX1262 + 32M TCXO + RF Switch + Matching Network, 868MHz~928MHz, LGA12
	ASR6500SLC	LLCC68 + 32M XO + RF Switch + Matching Network, 433MHz~510MHz, LGA12
LoRa SoC	ASR6601CB	ARM STAR MCU + Sub 1G TRX, 128KB Flash+16KB SRAM, 150MHz~960MHz, QFN48
	ASR6601SE	ARM STAR MCU + Sub 1G TRX, 256KB Flash+64KB SRAM, 150MHz~960MHz, QFN68

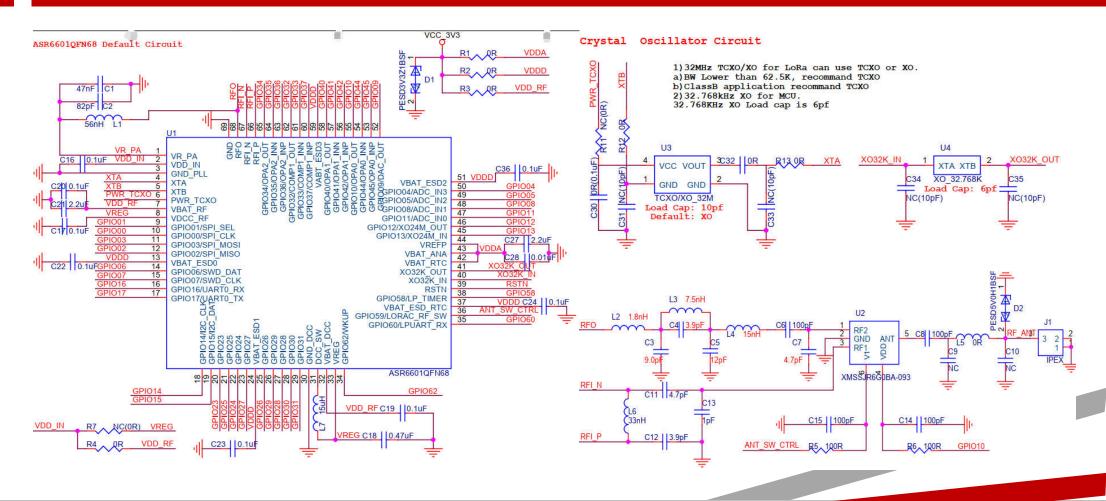
ASR6601CB 模组参考设计





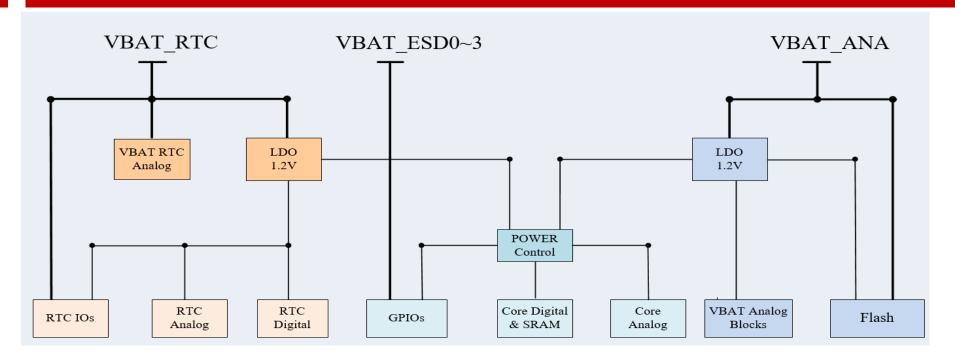
ASR6601SE 模组参考设计





ASR6601 MCU 电源网络

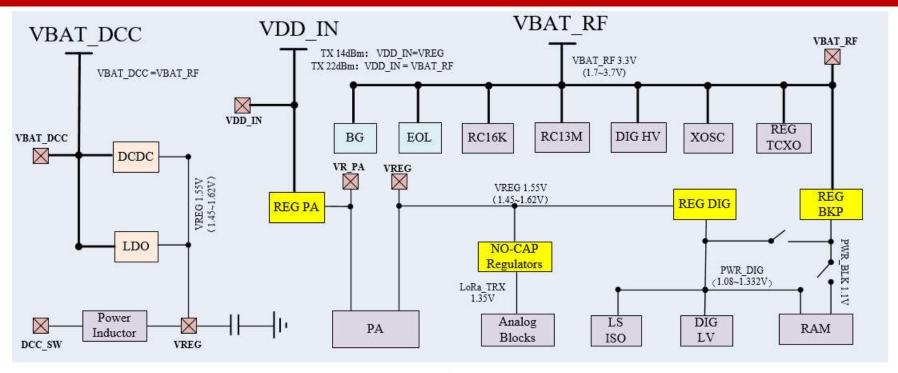




► ASR6601的电源分成三个部分: VDDD, VDDA和VDD_RF。VDDD 给MCU的数字部分供电, VDDA 给MCU的模拟部分 (ADC) 供电, VDD_RF 给射频部分供电。

ASR6601 电源电路解析

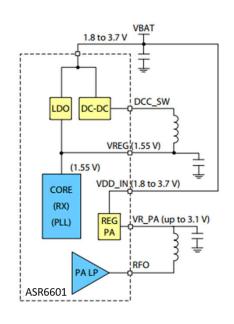


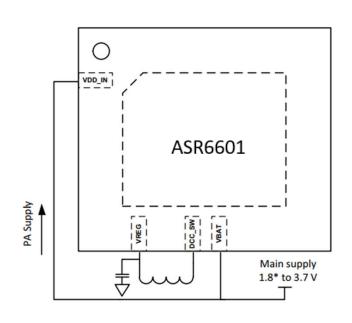


- ➤ VDD_IN: 给PA 在RF transmitter中供电
- ▶ VBAT_RF: 用于RF TRX供电,不包括PA部分

ASR6601 内部电源解析





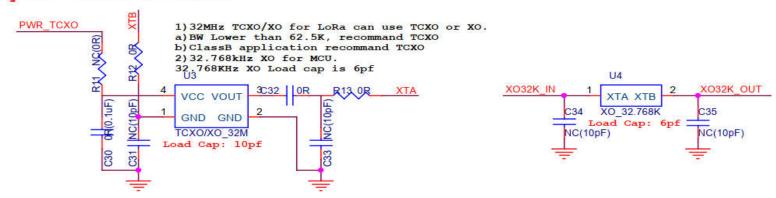


▶ ASR6601內部 Regulator (REG PA) 通过外部的上拉电感 L1 给 PA 的输出级 RFO 提供偏置。內部Regulator (REG PA) 由芯片內部集成的 DC-DC 或 LDO 供电, DC-DC 和 LDO 由 VDD_IN 供电, VDD_IN正常工作范围为1.7-3.7 V, 推荐电压为3.3 V。

ASR6601 震荡电路解析



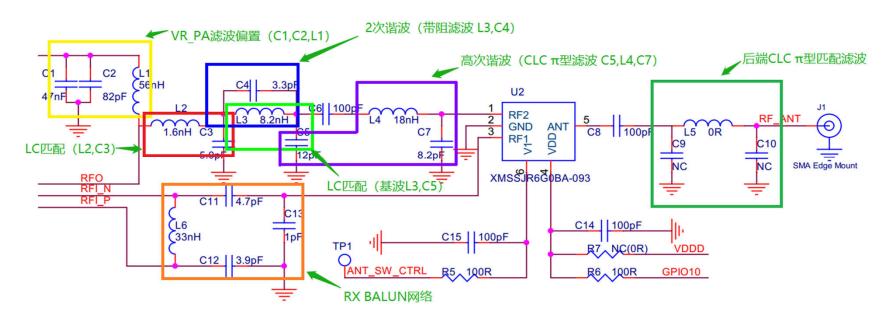
Crystal Oscillator Circuit



- ▶ ASR6601 用到两组震荡电路:
- ▶ 1. 32 MHz TCXO/XO for LoRa:
- ▶ (1) 当应用方案BW带宽低于62.5 KHz, 建议采用TCXO。
- ▶ (2) 芯片内部集成负载电容矩阵,一般不需要外加负载电容,采用内部默认的负载电容即可。
- ▶ (3) 频偏偏正的时候,建议适当增加外接负载电容;如频偏偏负,建议直接换32MHz的晶振。
- > 2. 32.768 KHz XO for MCU:
- ▶ (1) 晶振的负载电容为6 pf。
- ▶ (2) 设置Demo模组32.768K的负载电容NC。
- > (3) 外挂的负载电容根据晶体和PCB板的具体情况而做相应的调整。

ASR6601 射频工作电路解析

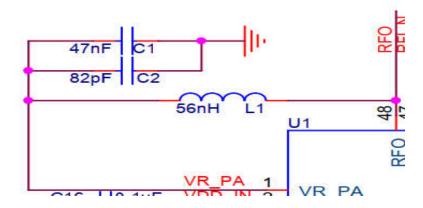




- > ASR6601 射频工作电路主要有三部分组成:
- ▶ 1: VR_PA滤波偏置
- > 2: RF Output TX匹配网络
- > 3: RF Input RX巴伦网络

ASR6601 VR PA偏置和滤波解析



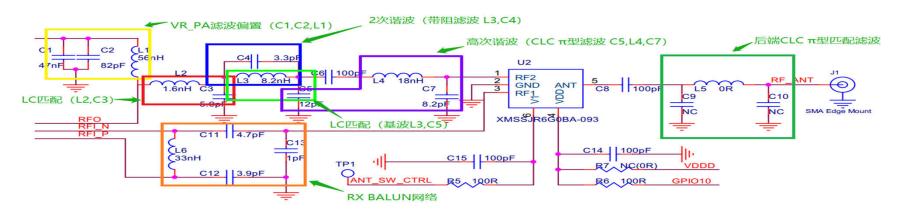


- ASR6601 VR_PA由2部分组成:旁路滤波电容 (C1&C2) 以及直流偏置电感 (L1)
- HF旁路电容器由C1和C2构成,一般不随频率变化特性而变化:

 - 1) 电容C1通常为47 nF 2) 电容C2通常为68 pf
- 直流偏置电感L1通常是:
 - 工作频率在800 MHz以上,建议选47nH
 - 工作频率在300 MHz和500 MHz之间,建议选56~68 nH
 - 工作频率在150 MHz和300 MHz之间, 建议选130~160 nH
 - 由于ESR会产生压降, ESR (等效串联电阻) 较差的偏置电感会降低RF TX输出功率。
 - 偏置电感必须具有高Q系数以减少RF性能的损失。

ASR6601 TX网络解析





- ▶ 关于ASR6601芯片的射频电路, 有如下几点需要注意:
- ▶ 1. XMSSJR6G0BA采用单端控制模式, pin6为TRSW的CTRL信号接到 芯片内部的DIO2, DIO2的控制逻辑如下。 需要注意的不同的RFSW控制逻辑和管脚不一样,原理图设计时一定要参考对应RFSW的Datasheet中逻辑真值表。
 - A) ANT_SW_CTRL为高, RF2□TX

- B) ANT_SW_CTRL为低, RF1□RX
- > 2. GPI010接TRSW的VDD pin, LoRa芯片正常工作时,GPI0为高。LoRa芯片为Sleep mode时,GPI0拉低关掉TRSW,防止TRSW漏电(XMSSJR6GOBA大概有几百nA的漏电),对功耗不敏感,GPI0可以用作其他用途,VDD RF连到RFSW的VDD即可。
- ▶ 3. 方案模组的PCB布局和布线不同,需要将模组射频匹配网络参数在默认参数的基础上进行微调,以优化射频性能。
- ▶ 4. ASR6601客户模组参考设计原理图默认的匹配网络为470 MHz, 如需其他频率的匹配网络,请参考文档: 《ASR6601 Matching (匹配网络)_V1.0》。

ASR6601 TX网络补充解析



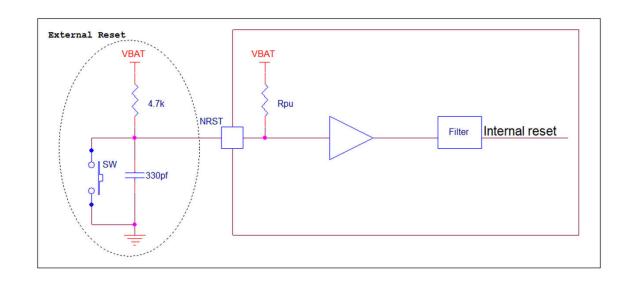
C(电容) (pF)		L(电感量) (uH)		
3.3		0.0082		
F(频率)(Hz)				
967511722.0964199		开始计算		

应用公式: F(频率) = 1 / (2 * Pi * Sqrt(L*C)) 输入参数:L(电感量),单位为uH; C(电容量),单位为pF

▶ 2次谐波 (带阻滤波器): 967Mhz附近

ASR6601 复位电路解析





- ▶ 如图所示, VBAT 电源要在 10ms 内上升到 0.7Vcc以上,内部 Power RST 电路才能正常 reset, 芯片内部有低电压检测模块,当 VBAT 低于 0.3Vcc时,芯片内部就会处于 reset 状态。
- ▶ 芯片内部已进行优化, RST外部上拉电阻推荐4.7k, 复位电容推荐330pf, 尽可能较少延迟复位时间, 如外部再外挂大电容的话, VBAT 上升比较缓慢, 系统会存在不必要的风险。

ASR6601 硬件设计注意



- ▶ VREG这个管脚必须要外部连接,否则LoRa这部分不能正常工作
- ▶ 参考设计中Buck电路中电感15uH必须用功率电感, VR_PA处的56nH偏置电感强 烈建议选用0402高Q系数电感, ESR越小, 越利于提升TX功率
- ➤ ASR6601复位电路在模组设计中无需添加,主要是模组在整板使用上需要格外注意RC电路外挂电容取值范围,避免不必要的风险。
- ➤ ASR6601同时支持SWD&串口两种烧录方式,可自行选择烧录模式
- ▶ 方案TX功率需求小于14dbm时,可以选择VREG直接给VDD_IN供电,提高效能
- ▶ 硬件设计详细内容请仔细参考《 ASR6601_硬件设计指南_V1.0.2》。

ASR Confidential 2021

ASR6601 基本射频性能说明



通常,影响LoRa模组或者产品通信成功率是以下三项基本射频性能:

- ▶ 频偏:测试工具为频谱仪。32M晶振的精度在20ppm以内,10ppm以内最好。
- ▶ TX功率:测试工具为频谱仪。接近20.5dBm+为最佳,调节射频匹配网络改善。
- ▶ RX灵敏度:测试工具为信号发生器。SF12达到接近-137dBm为最佳(BW@125K), 调节射频匹配网络改善。

这三项性最好能在贴片完成即进行测试调试。此外,32.768K晶振的精度应在10ppm以内,主要是影响LoRaWAN接收窗口对齐以及小电流模式下的功耗。

ASR Confidential 2021

ASR6601 硬件&软件相关资料说明



- > 01. ASR6601_Datasheet
- > 02. ASR6601_GPI0_SPEC
- > 03. ASR6601 Reference Design
- > 04. ASR6601_Demo Board
- > 05. ASR6601_Module_Test
- ▶ 06. ASR6601_ Matching (匹配网络) _V1.0
- ➤ AT指令手册: 《 ASR6601_AT_Commands_Introduction 》
- ▶ 用户手册考资料: 《 ASR6601_User_Manual_v1.2.0 》
- ▶ 烧录工具: 《 ASR6601_烧录工具使用说明》
- ▶ 开发参考资料: 《 ASR6601_程序开发快速入门》 《 ASR6601_软件开发 参考手册 V1.0.0》

ASR 6601射频性能

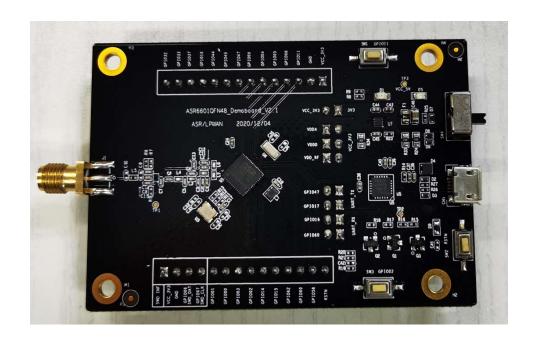


第三部分 ASR 6601射频性能测试



♦ ASR6601CB 开发板

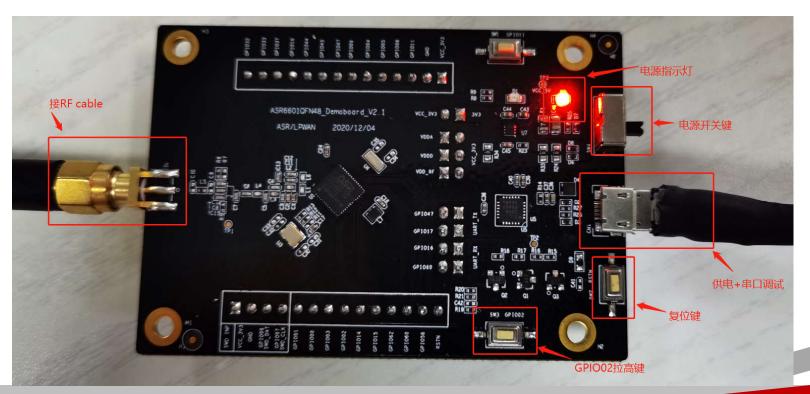






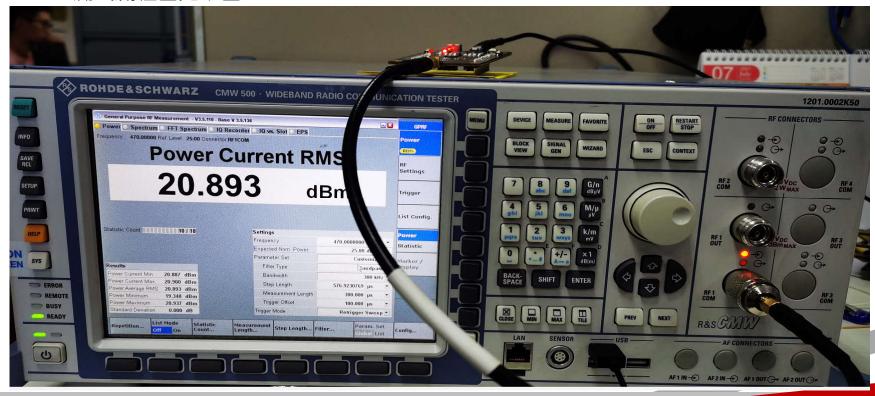


- ♦ ASR6601开发板RF Connector连接至CMW500
- ♦ ASR6601开发板USB连接至PC
 - 1) 开发板通过串口与PC进行通讯 2) 开发板使用USB 5V 电源供电





- ▶ •1. 所需设备: PC、CMW500 (或其他CMW测试仪器)、 ASR6601CB EVB、RF Cable、USB Cable等
- ▶ •2. 所需软件: Sscom5. 13. 1(串□工具)
- ▶ •3. 测试流程图如下图





- ◇ 串□配置:
- ◆ ①查看PC串□地址
- ◆ ②打开Sscom5.13.1弹出如下窗□

Port: COM98 (按电脑实际进行选择)

Baud rate: 115200

Data bits: 8

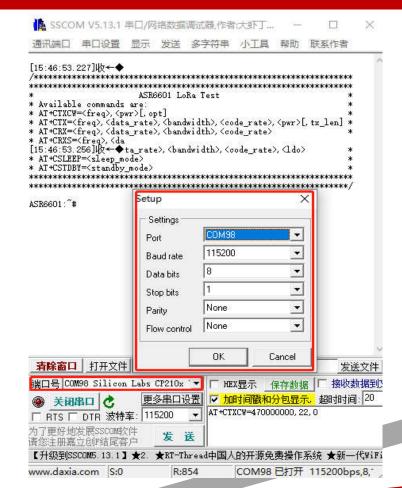
Parity: None Stop Bits: 1

- aihuazhang
 - > TIDE ATA/ATAPI 控制器
 - > 网 WSD 打印提供程序
 - > 🗖 处理器
 - > 磁盘驱动器
 - > 🕍 存储控制器
 - > 📻 打印队列
 - > 📥 打印机
 - ▼ 端口 (COM 和 LPT)

🙀 Silicon Labs CP210x USB to UART Bridge (COM98)

■ 通信端口 (COM1)

545 CT (4)



CMW测试软件



- ◇ 双击桌面的 CMW 图标,
- ◇ 此时请点击 shutdown按钮。



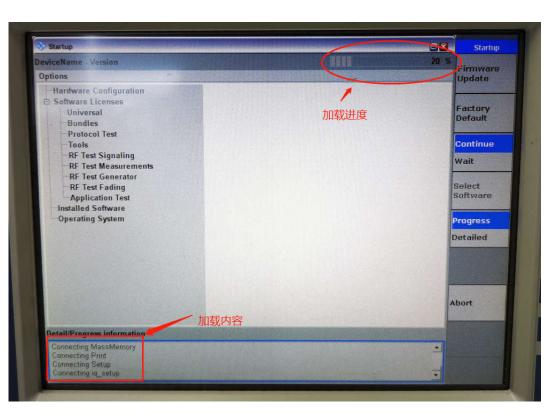


ASR Confidential 2021

CMW测试软件



♦ 开启firmware update过程,如图所示:



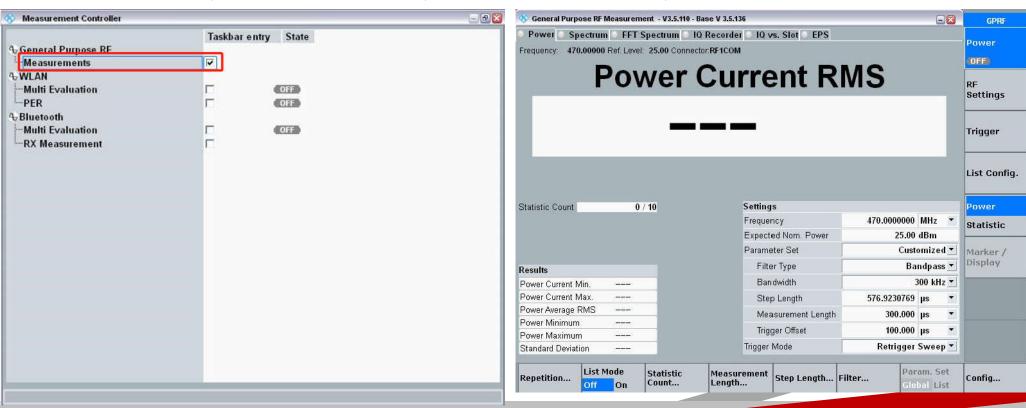
◆ 更新成功后, 会有如下的界面:



TX 测试参数配置



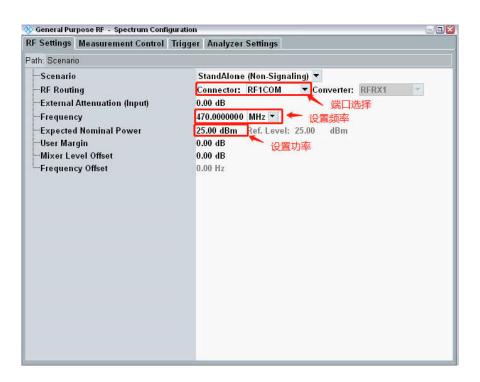
- ◈ 按下MEASUER按钮,选择Measurements
- ◈ 按下Tasks按钮,选择GPRF Measure,进入信号源配置界面,配置如下:

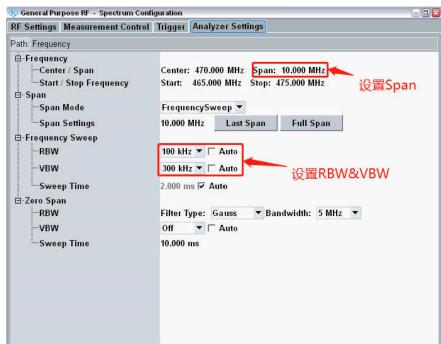


TX 测试参数配置



- ◆ 选择右下角Configuration,进行参数配置
- ◆ 在RF Settings & Analyzer Settings界面下,设置合适的配置参数

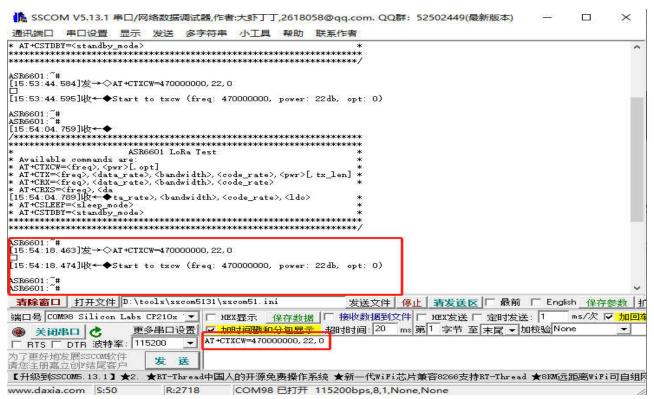




TX 测试验证



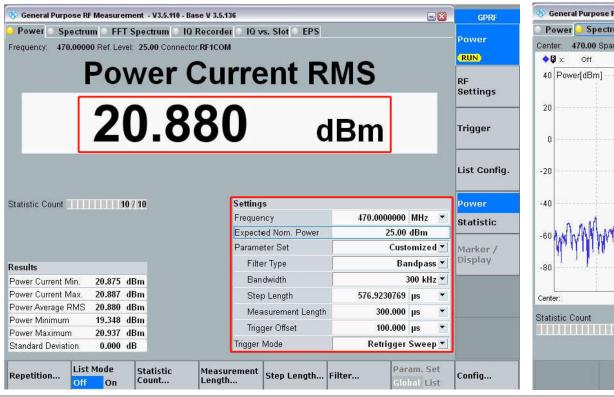
- ◆ RF参数配置完成之后,关闭 Configuration配置界面
- ◆ 进入串□调试工具 (Sscom5.13.1) 命令编辑栏, 输入AT+CTXCW=470000000, 22, 0点击发送

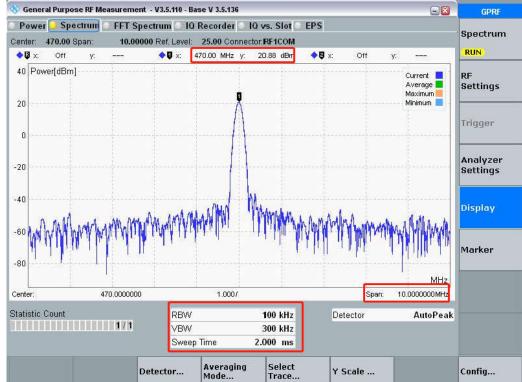


TX 测试验证



- ◆ 在CMW500控制界面,按下ON/OFF,打开Power
- ◈ 测试TX功率,分别观察Power Current RMS数值以及Spectrum曲线

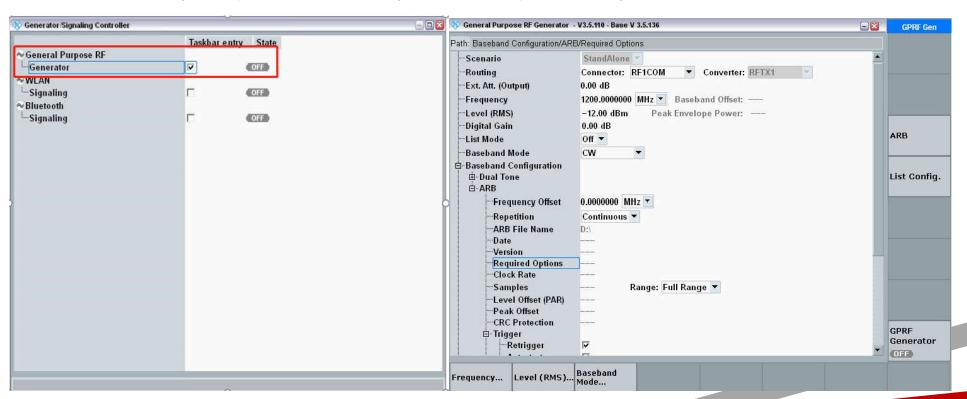




RX 测试参数配置



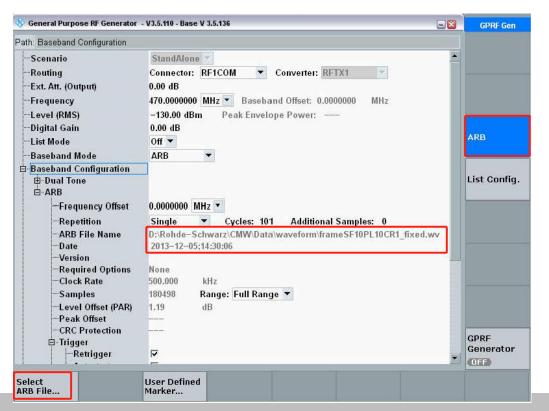
- ◈ 按下Signal Gen按钮, 选择Generator
- ◈ 按下Tasks按钮,选择GPRF Generator,进入信号源配置界面,配置如下:

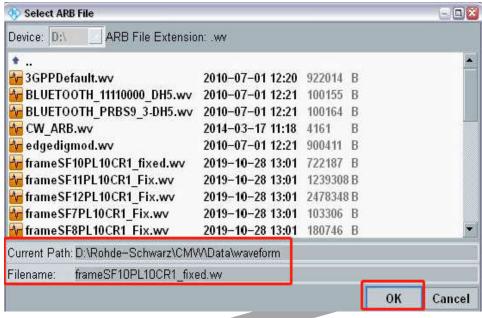


RX 测试参数配置



♦ GPRF Generator界面右侧点击ARB,再点击Select ARB File,到指定的路径下,选择frame SF10PL10CR1_Fix波形文件,点击OK,波形文件配置完毕。



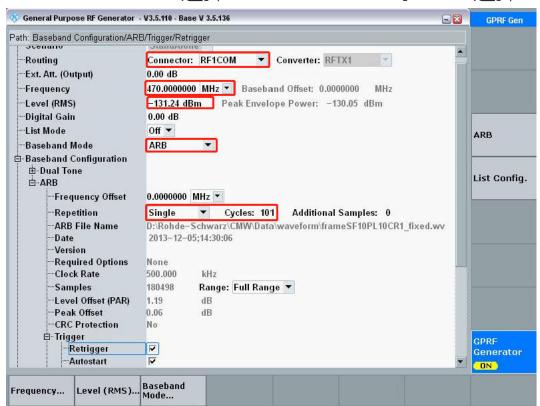


RX 测试参数配置



- ❖ Frequency -设置信道
- ♦ Baseband Mode洗择ARB

Level 一设置信号电平 (CMW500最低为-131.24dbm)
ARB Repetion选择Single Cycles设定为101 (可自定义)

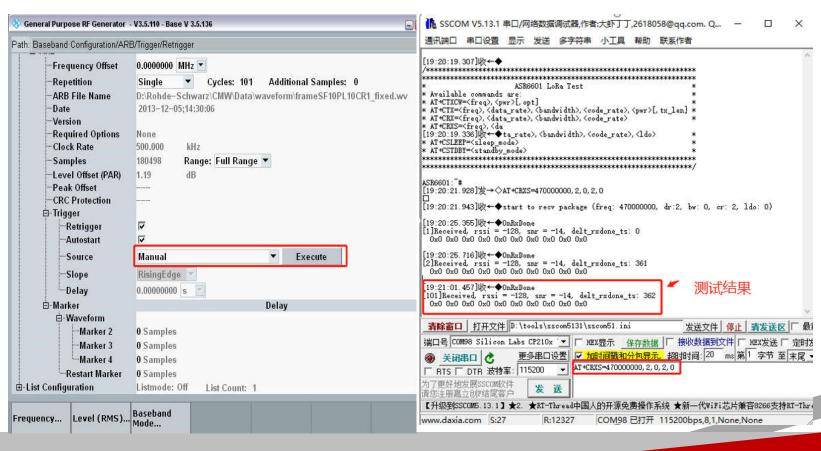


◆ 到目前为止,RX参数配置已经完成, 待开发板通过AT指令进入RX模式后, 按下0n/0ff按钮,使 CMW500处于 TX状态,两者就形成收发通信

RX性能测试验证



- ◆ 进入串□调试工具 (Sscom5.13.1) 命令编辑栏,输入AT+CRXS=470000000,2,0,2,0点击发送
- ◆ 配置CMW500,选择Manual点击Execute,将其作为信号源,发射SF10PL10CR1_Fix连续信号。



ASR 6601常见问题



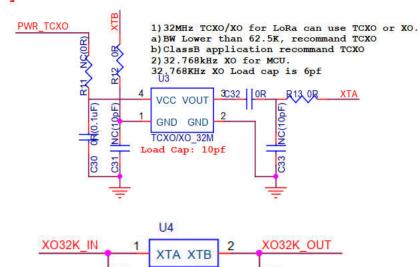
第四部分 ASR 6601常见问题解决

TX 无功率输出



- ◇ 问题现象:
- ♦ 输入AT指令, AT+CTXCW=470000000, 22, 0在频谱 仪无法测试到输出功率
- ♦ 分析解决:
 - 1) 模块VDDD, VDDA以及VDD_RF三部分电压正常
- 2) 确认模块32M晶振是否起震,输出频频是否正确,注意区分TCX0跟X0的差异,需修改程序设置
- 3) 确认模块32.768K晶振是否起振,输出频频是否正确,需要特别注意是ASR6601外部32.768K外接的负载电容 CL为6pf,模组上负载电容可直接NC

Crystal Oscillator Circuit





TX输出功率峰值异步较低



- ◇ 问题现象:
- ◆ 输入AT指令. AT+CTXCW=470000000, 22, 0 . 在频谱仪测试到12~15db的样子
- ♦ 分析解决:
- 1) 输入AT+CTXCW=470000000,22,0, 观察频谱特性是否有变化,如输出同步降低2dbm左右,请直接参 考关键项3;如输入20dbm而输出无明显变化,跟之前输入22dbm差不多
 - 2) 再输入AT+CTXCW=470000000, 10, 0, 观察频谱特性是否有变化, 发现输出功率有明显的下降。
- 3) 建议先调试参考电路图1 pL7 (15uH) DC -DC 的功率电感,感值太小会导致输出电流偏小,从而 导致TX功率上不去。

注意DC -DC给REG PA供电,功率电感L6必不可少,功率电感要求为:

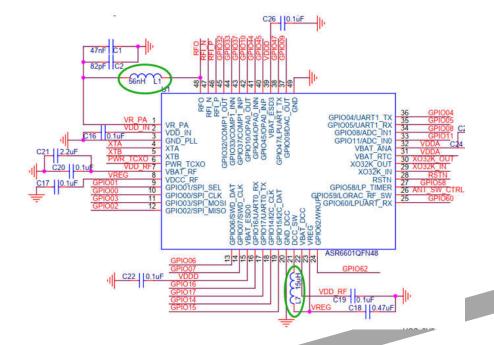
- 1) 15uH inductor; 2) DCR (max) = 2 ohms
- 3) Idc (min) = 100 mA 4) Freq (min) = 20 MHz

TX输出功率峰值异步较低



◆ 4) 再排查电路中VR_PA 处偏置电感L1,强烈选用 0402封装 (56nH),RDC相对小,额定电流大,对提升 TX 的发射功率有帮助,不建议选用0201封装。

Part Number	Inductance (nH)	Tolerance (%)	Q Min	SRF (MHz) Min	DCR(Ω) Max	Idc (mA) Max
	ii fales siii ie	19,95		2.00	V.VV	100
FHW0402UC056□GT	56@250MHz	10,5,2	25	1760	0.97	100
FHW0402UC068□GT	68@250MHz	10.5.2	25	1620	1.12	100
FHW0402UC082□GT	82@250MHz	10,5,2	25	1260	1.70	50
FHW0402UCR10□GT	100@250MHz	10,5,2	25	1160	2.00	30
FHW0402UCR12□GT	120@250MHz	10,5,2	25	1100	2.20	30



TX输出功率峰值同步较低

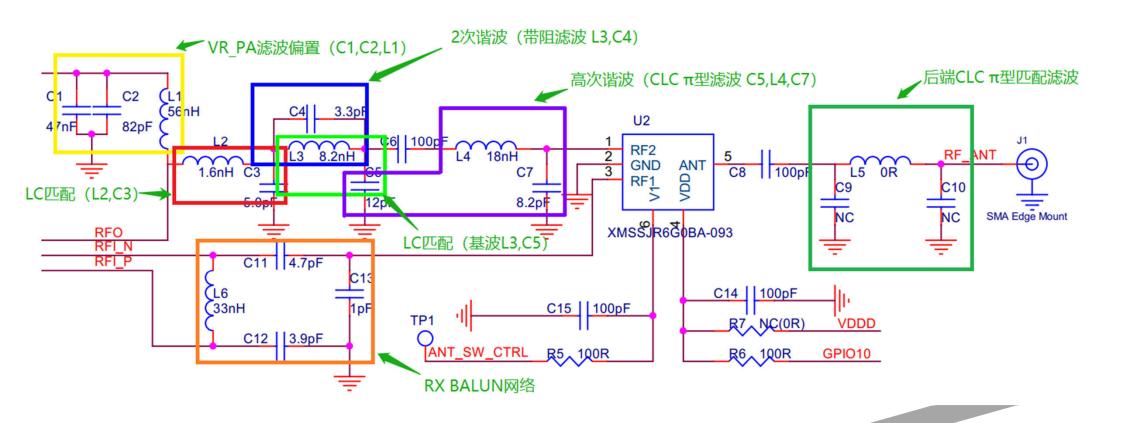


- ◇ 问题现象:
- ♦ 输入AT指令, AT+CTXCW=470000000, 22, 0, 在频谱仪测试到17-19db的样子
- ♦ 分析解决:
- 1) 输入AT+CTXCW=470000000, 20, 0观察频谱特性是否有变化, 如输出同步降低2db左右, 这个就很明显是匹配网络存在问题, 需要优化。
- 2) 下页电路图中, 匹配拓扑由L3和C5组成, 输出功率同步较低, 可尝试将C5增大至15pf, 再看输出功率是否满足要求, 注意C5不能改太大, 否则会影响高次谐波, 输出功率优化在 20~21db之间即可。
- 3) 如果更换C5后,输出功率依旧满足20db的话,再尝试优化L2&C3组成的LC匹配; 当LoRa模块需要工作在400Mhz以下,TX输出功率会相对差一点点。因为大部分RF SWITCH设计之初是用于2G通信,验证频率是从600M开始。

ASR Confidential 2021

RF射频解析

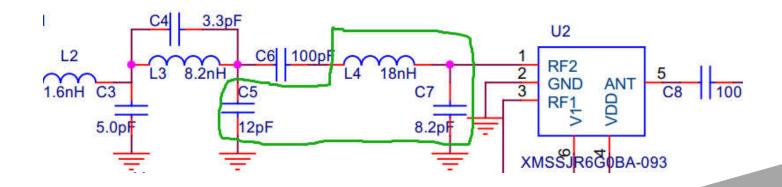




TX输出高次谐波偏大



- ♦ 输入AT指令, AT+CTXCW=470000000, 22, 0, 在频谱仪测试高次谐波无法低于-36db
- ♦ 分析解决:
- 1) 高阶谐波滤波器主要由C5、L4和C7组成,高次谐波测试偏高,一般建议优化C25,可将C7改为5.6pf或8.2pf验证。
 - 2) 增大C5的话,提高发射功率,但会恶化2次谐波。
 - 3) 电感L4的大小对高次谐波抑制的作用不明显。





谢谢! THANK!

ASR Confidential 2021