



CHIP723 RF 性能报告



版本 1.0

更新日期 20200228



目录

目录.....	2
1. RX 性能.....	4
1.1 RX SENSITIVITY.....	4
1.2 RX MAXLEVEL.....	5
1.3 RX 抗频偏能力测试.....	6
2. RX GAIN / NOISE 测试.....	7
2.1 RX GAIN / NOISE.....	7
2.1.1 RX NOISE 比较.....	7
2.1.2 RX GAIN 比较.....	7
3. TX EVM FLOOR.....	8
4. RF 匹配调试.....	9
4.1 匹配点调试.....	9
4.2 PA 1DB 压缩点的测试.....	10
5. TX GAIN.....	12
5.1 DIGITAL GAIN 的增益和 EVM.....	12
5.2 BB GAIN 的增益和 EVM.....	14
5.3 TX PA GAIN 的增益和 EVM.....	15
5.4 TX GAIN TABLE.....	16
5.5 11B 和 OFDM 的 POWER 差异.....	16
6. I2C 配置.....	17
6.1 TX I2C 寄存器优化.....	17
7. POWER DETECTOR.....	19
8. TX 基本性能测试.....	21
8.1 TXPOWER & EVM.....	21
8.2 MASK MARGINS.....	23
8.3 IQ MISMATCH.....	23
9. TX 一致性测试.....	25
10. PHASE NOISE 测试.....	27
10.1 概述.....	27
10.2 测试方法.....	27
10.3 测试结果.....	27
11. 认证杂散测试.....	30
11.1 概述.....	30



11.2 认证实验室测试结果.....	30
11.3 PA 电源的滤波网络对辐射杂散的影响。	32
12. 电流测试.....	33
12.1 TX 电流测试.....	33
12.2 RX 电流测试.....	34
13. 高低温测试.....	35
13.1 测试条件.....	35
13.2 RFTX 测试结果.....	35
13.2.1 MCS7 POWER& EVM 测试结果.....	35
13.2.2 MCS0 POWER & MASK MARGINS 测试结果.....	39
13.3 RFRX 测试结果.....	40
13.4 TX 电流测试.....	44



1. RX 性能

1.1 RX Sensitivity

- 使用 WT200 测试 CHIP723 5pcs RX sens，模组间波动最大 1dB，测试结果与 CHIP722 基本一致。

RxSens Chan14	CHIP722_B2	CHIP722_B3	CHIP723_4DE5	CHIP723_4DD9	CHIP723_0x0	CHIP723_4DE1	CHIP723_4CEB
1m	-97	-97	-97	-97	-97	-97	-96
2ml	-94	-94	-95	-94	-95	-95	-94
5.5ml	-92	-92	-93	-92	-92	-93	-92
11ml	-88	-89	-88	-88	-88	-88	-87
6m	-91	-92	-92	-92	-93	-92	-92
9m	-91	-90	-91	-91	-91	-91	-91
12m	-89	-89	-89	-89	-89	-89	-88
18m	-86	-86	-86	-86	-86	-86	-86
24m	-83	-83	-83	-83	-83	-84	-83
36m	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80
48m	-76	-76	-76	-76	-76	-76	-76
54m	-74	-75	-74	-74	-75	-75	-74
mcs0	-91	-91	-92	-92	-92	-92	-92
mcs1	-88	-88	-88	-88	-88	-88	-88
mcs2	-85	-85	-85	-85	-85	-85	-85
mcs3	-82	-82	-83	-82	-83	-83	-82
mcs4	-79	-79	-79	-79	-79	-79	-78
mcs5	-75	-75	-75	-75	-75	-75	-74
mcs6	-73	-73	-73	-73	-74	-74	-73
mcs7	-72	-72	-72	-71	-72	-72	-71
mcs0_40	-88	-89	-89	-88	-89	-89	-88
mcs1_40	-86	-85	-86	-85	-86	-85	-85
mcs2_40	-82	-82	-83	-82	-82	-83	-82
mcs3_40	-79	-79	-80	-79	-80	-80	-79
mcs4_40	-76	-76	-76	-76	-76	-77	-76
mcs5_40	-72	-72	-72	-72	-72	-73	-72
mcs6_40	-71	-70	-71	-70	-71	-71	-70
mcs7_40	-69	-69	-69	-69	-69	-69	-69



1.2 RX Maxlevel

- 使用各个仪器测试的最大接收电平结果如下，CHIP723 结果明显优于 ESP32.

After_upgrade				WT208C	Iqxel	WT200
RX MaxLevel CH14	ESP32	CHIP722 B2	CHIP722 B3	CHIP723	CHIP723	CHIP723
1m	5	5	5	5	5	5
2ml	5	5	5	5	5	5
5.5ml	5	5	5	5	5	5
11ml	5	5	5	5	5	5
6m	3	5	5	5	5	5
9m	1	5	5	5	5	5
12m	3	5	5	5	5	5
18m	0	5	5	5	5	5
24m	-1	5	5	5	5	5
36m	-3	5	5	5	5	5
48m	-6	4	4	5	5	5
54m	-8	2	2	3	5	3
mcs0	3	5	5	5	5	5
mcs1	1	5	5	5	5	5
mcs2	-1	5	5	5	5	5
mcs3	-2	5	5	5	5	5
mcs4	-4	5	5	5	5	5
mcs5	-7	3	3	5	5	5
mcs6	-8	2	2	4	5	5
mcs7	-8	2	2	4	5	5
mcs0_40	5	5	5	5	5	5
mcs1_40	5	5	5	5	5	5
mcs2_40	3	5	5	5	5	5
mcs3_40	-2	5	5	5	5	5
mcs4_40	-4	5	5	5	5	5
mcs5_40	-6	4	4	5	5	5



mcs6_40	-7	3	3	5	5	5
mcs7_40	-8	2	2	5	5	5

1.3 RX 抗频偏能力测试

- 测试仪器发包功率[sens , -20]，发包个数 100
- 测试结果基本与 CHIP722 一致， sens 附近抗频偏能力比较差，且 11g/n 存在 312 kHz 丢包问题.

Rate	RxPower(dB)	LF (KHz)	HF (KHz)
1m	-95	-280	180
	-93	-380	300
	-91	-430	410
	-89	-450	460
	-87	-480	480
	[-85,-20]	-510	510
11M	-88	-230	230
	-86	-230	240
	[-84, -20]	-240	240
	-92	-580	580
6M	[-90,-20]	-600	600
	-73	-160	160
54M	[-71, -20]	-610	620
	-71	-80	90
mcs7	-69	-170	140
	[-67,-20]	-610	620
	-71	-100	30
MCS0	-90	-250	250
	-88	-260	260
	-86	-280	300
	-84	-300	290
	[-82, -20]	-610	620
	-87	-260	260
MCS0_40	-85	-280	280
	-83	-290	300
	[-81,-20]	-610	620



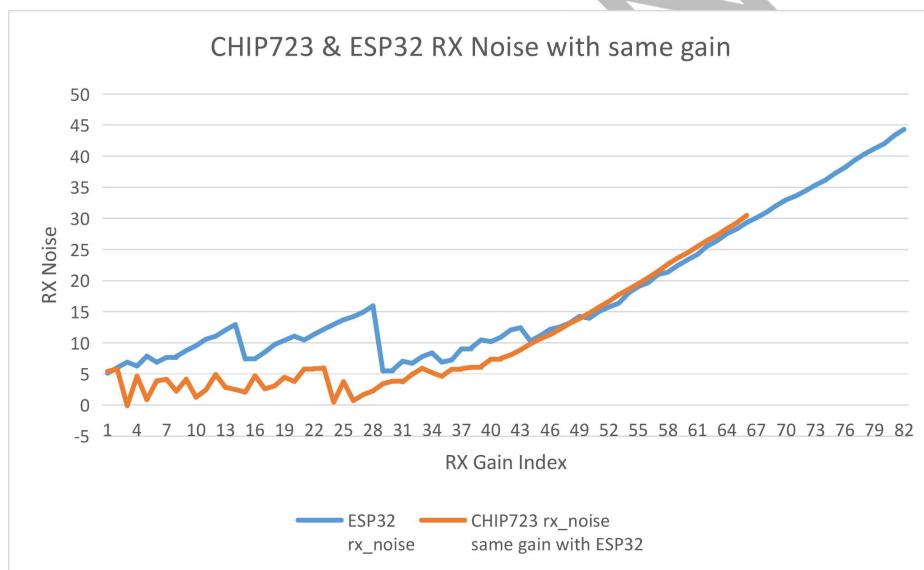
MCS7_40	-69	-80	80
	-67	-470	470
	-65	-530	450
	[-63,-20]	-610	620

2. RX Gain / Noise 测试

2.1 RX Gain / Noise

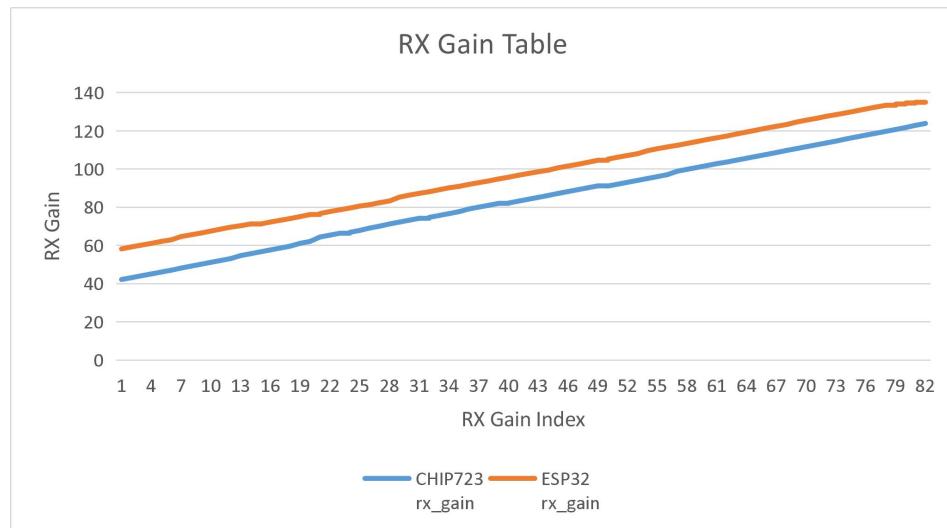
2.1.1 RX Noise 比较

- CHIP723 在相同的 RX Gain 下，noise 比 ESP32 小。



2.1.2 RX Gain 比较

- CHIP723 RX Gain 比 ESP32 小 13 dB 左右。



3. TX EVM Floor

- CHIP723 EVM floor 测试结果如下：
 - ◆ 从结果看起来 ir_dac_ext 配置为不同的值，对 EVM 差的芯片有比较明显的影响；

Filter Type	Frequency	CHIP723_ir_dac_ext=15			CHIP723_ir_dac_ext=8		
		4C6C	4CFc	4CEC	4CF4	4CFc	4CEC
RC filter	2430M	-33.75	-34.27	-36.79	-38.4	-35.44	-34.5
	2432M	-32.5	-32.16	-34.3	-34	-33.19	-32.9
BB filter	2430M	-35.52	-35.78	-37.5	-38.22	-37.56	-37.4
0x20	2432M	-33.48	-32.96	-34.3	-33.91	-33.95	-34.6
2430M 比 2432M @ RC filter		1.25	2.11	2.49	4.4	2.25	1.6
2430M 比 2432M @ BB filter		2.04	2.82	3.2	4.31	3.61	2.8
BB Filter 比 RC @2432M		-0.98	-0.8	0	0.09	-0.76	-1.7
BB Filter 比 RC @2430M		-1.77	-1.51	-0.71	0.18	-2.12	-2.9

- ◆ 经 TXIQ 校准优化后，EVM 测试结果与 CHIP722 相当，同时 RC filter 和 BB filter 之间的差异减小；

Filter Type	Frequency	CHIP723			CHIP722B3				CHIP722_Marlin3_B2		
		0x0000	4F9D	4CF2	A7E8	A7EA	A7E9	A7EC	A720	A722	A728
RC filter	2430M	-36.8	-36.7	-36.89	-37.18	-36.08	-36.16	-35.8	-36.56	-36.3	-36.8
	2432M	-34.63	-34.46	-33.95	-35.73	-33.55	-34.59	-33.99	-34.5	-34.2	-33.3



BB filter	2430M	-36.73	-35.75	-37.55	-34.57	-36.28	-35.25	-36.07	-36.75	-36.1	-37.5
0x20	2432M	-34.74	-34.04	-33.86	-33.44	-34.04	-33.74	-34.13	-35.66	-33.6	-34.1
2430M 比 2432M @ RC filter		-2.17	-2.24	-2.94	1.45	2.53	1.57	1.81	2.06	2.1	3.5
2430M 比 2432M @ BB filter		1.99	1.71	3.69	1.13	2.24	1.51	1.94	1.09	2.5	3.4
BB Filter 比 RC @2432M		-0.11	0.42	0.09	2.29	-0.49	0.85	-0.14	-1.16	0.6	-0.8
BB Filter 比 RC @2430M		0.07	0.95	-0.66	3.74	2.04	2.42	1.67	0.9	2.7	2.7

4. RF 匹配调试

4.1 匹配点调试

- Force Gain 下测试模组板匹配点, 结合 P1dB 和 Power EVM , PA 的输出阻抗应该在 $33+j4$ 附近;

matching_no	matching	P1dB_Out	frequency	channel	rate	power	evm	evm_std	evm_max
1	2.0-1.5-2.7=33+j4	22.84	2412	2412	mcs7	14.84	-29.58	0.93	-26.58
				2412	mcs7	12.88	-30.03	0.75	-28.17
2	2.0-2.0-2.7=33-j9	21.77	2412	2412	mcs7	12.4	-31.31	0.76	-29.63
				2412	mcs7	12.9	-30.98	0.74	-29.62
4	1.2-2.4-2.0=34-j4	22.25	2412	2412	mcs7	13.5	-29.45	1.17	-26.64
				2412	mcs7	12.97	-29.86	1.2	-26.16
5	1.8-1.8-2.4=35+j10	23.05	2412	2412	mcs7	15.61	-27.93	0.72	-25.43
				2412	mcs7	13.15	-28.27	0.83	-26.6
7	1.5-1.8-2.4=30+j10	22.87	2412	2412	mcs7	14.38	-30.54	0.85	-28.54
				2412	mcs7	13.1	-30.44	1.3	-27.35
9	1.5-1.5-2.4=30-j4	21.51	2412	2412	mcs7	12.03	-29.6	1.06	-27.16
				2412	mcs7	13.03	-29.12	1.42	-24.86
13	2.2-1.8-2.7=38+j0	22.35	2412	2412	mcs7	15.15	-30.5	0.78	-28.47
				2412	mcs7	12.95	-31.01	0.74	-29.66
16	2.7-1.8-2.7=46-j5	21.7	2412	2412	mcs7	13.82	-30.45	1.11	-28.35
				2412	mcs7	13.09	-30.85	1.04	-29.09



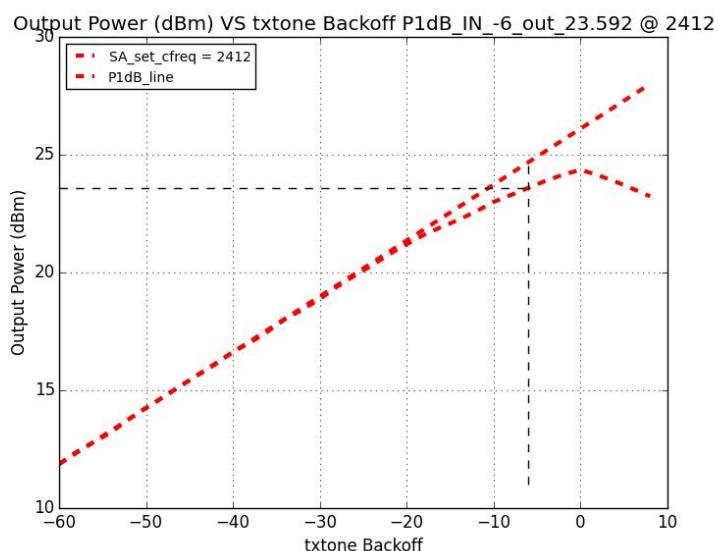
17	1.5-2.4-1.8=50-j3	22.09	2412	2412	mcs7	16.33	-28.4	0.29	-27.93
				2412	mcs7	12.96	-29.95	0.8	-28.03
19	1.5-1.8-2.7=24+j7	22.29	2412	2412	mcs7	13.73	-31.65	0.57	-30.55
				2412	mcs7	12.99	-31.54	0.68	-30.04

- 使用 ESP32_S2 Testboard, 基于模组的阻抗点, 遍历其附近的点, 在功率 14dB 下, 34+j7 的点 RF 性能最优。

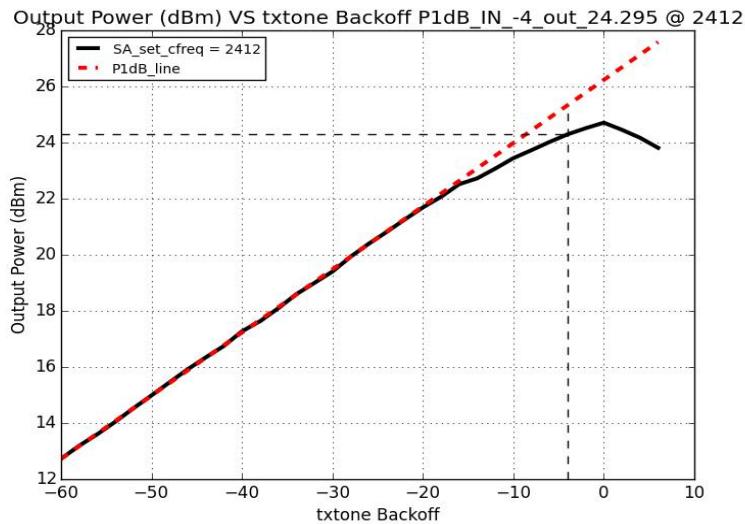
Matching	RF_Gain	BB_Gain	Digi_Gain	Chan	Rate	Power	Evm	Evm_Std	Evm_Max
34+j7	0x5f	0x20	12	1	mcs7	13.84	-31.94	0.87	-29.23
34-j10	0x5f	0xa0	12	1	mcs7	13.6	-31.85	1.07	-28.67
30+j8	0x5f	0x20	8	1	mcs7	14.01	-31.6	0.87	-28.86
35-j3	0x5f	0x20	8	1	mcs7	13.87	-31.503	1.15	-29.06

4.2 PA 1dB 压缩点的测试

- 经匹配确认和寄存器优化后, P1dB 如下图所示。



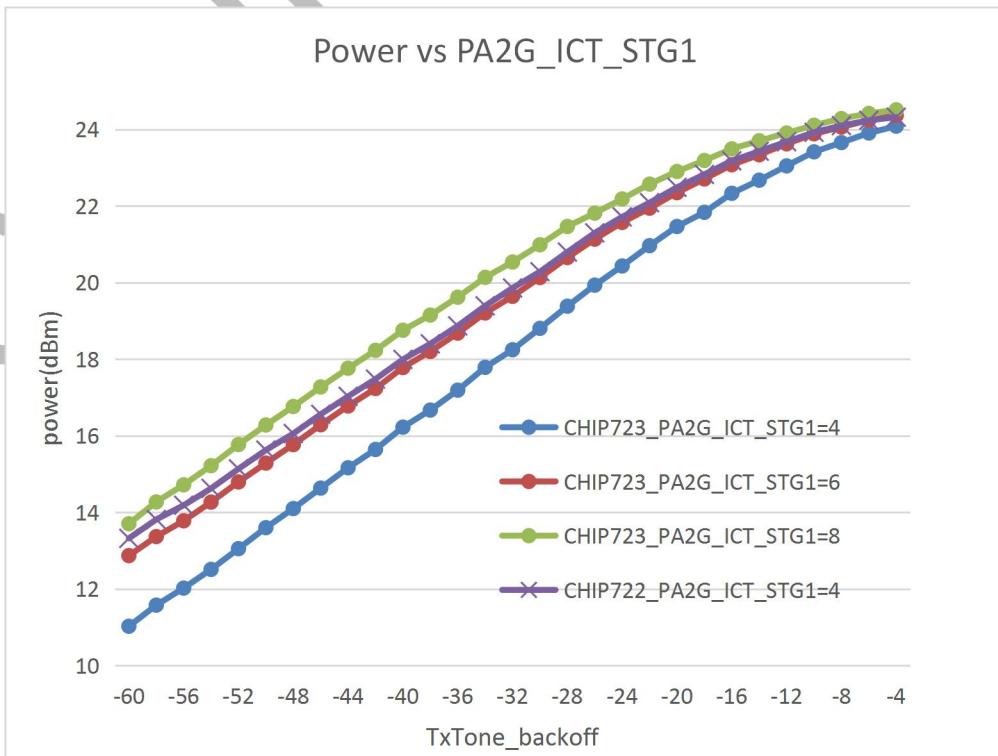
Chip723 PA2G_ICT_STG1 = 8



Chip722 PA2G ICT STG1 = 4

- 相比于 CHIP722 的 P1dB, CHIP723 偏低近 1dB, 因为为优化 EVM 和 Mask Margins 将 CHIP723 的 PA2G_ICT_STG1 配置为 8, 而 CHIP722 PA2G_ICT_STG1 配置为 4。

- ◆ CHIP722 PA2G_ICT_STG1 = 4 和 CHIP 723 PA2G_ICT_STG1=6 可以达到一样的压缩点；
- ◆ 当 PA2G_ICT_STG1 = 8 时，PA 会提前饱和，P1dB 低 1dB。

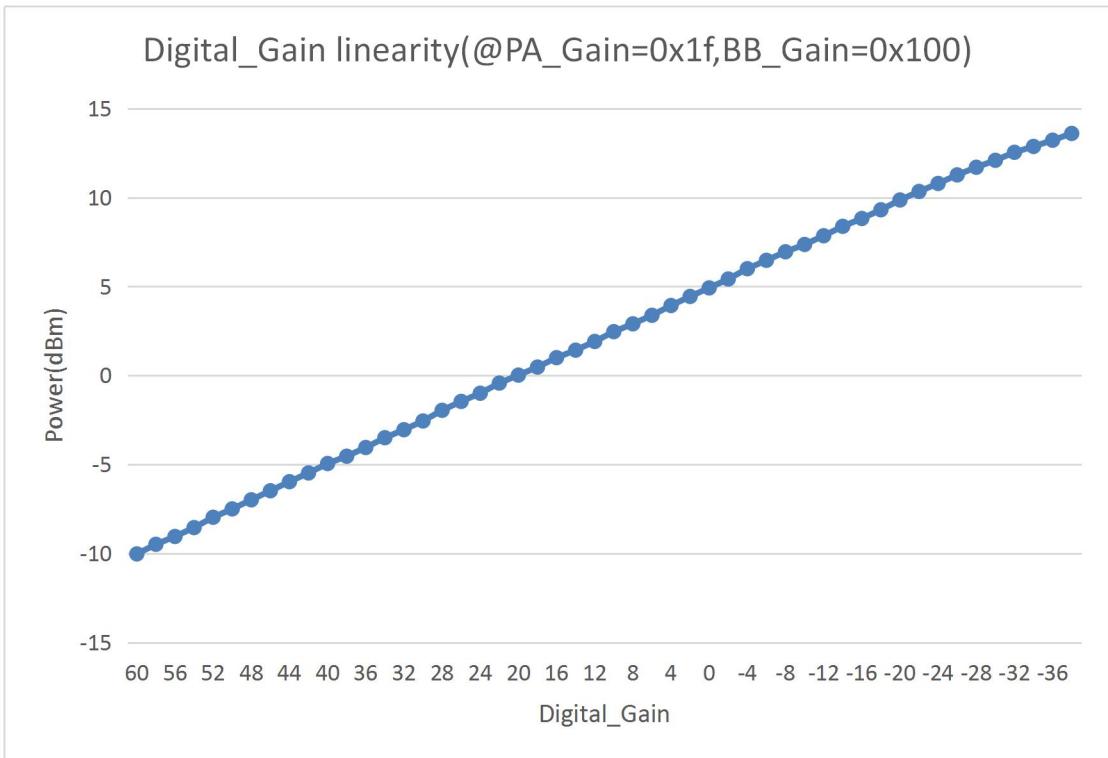




5. TX GAIN

5.1 Digital Gain 的增益和 EVM

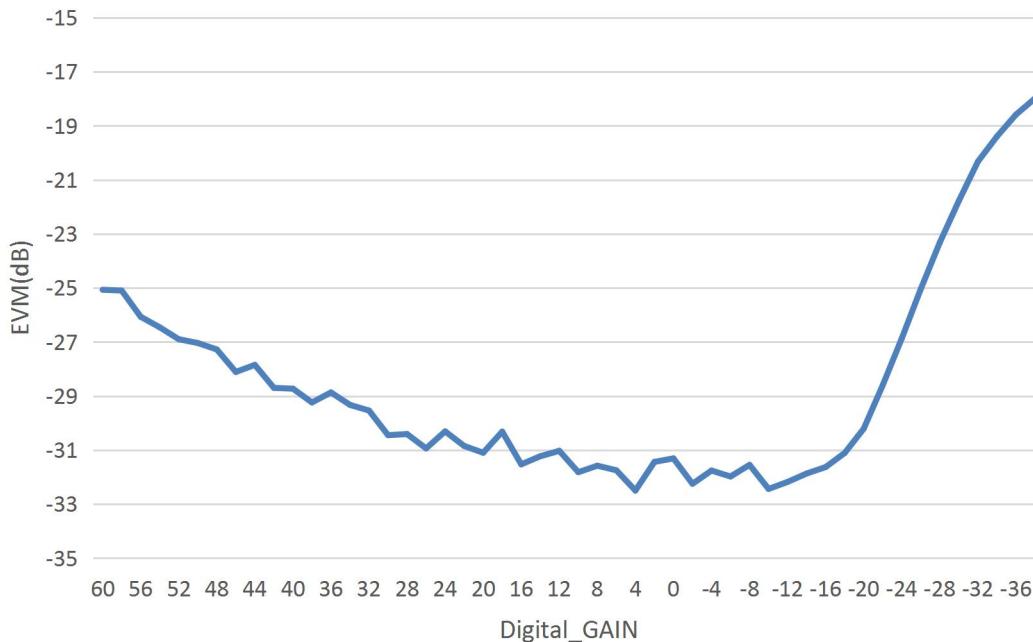
- Digital Gain 的增益，步长为 2，理想情况为 0.5dB。设置 PA_Gain = 0x1f，BB_Gain=0x100，确保不是因为后级饱和而影响测试结果；遍历 Digital_Gain（即衰减值）从[60, -38]（4 代表 -1 dB），得到 Digital Gain 的增益在此区间内均处于线性区；



- 设置 PA_Gain = 0x1f, BB_Gain=0x100, 确保不是因为后级饱和而影响测试结果；遍历 Digital_Gain（即衰减值）从[60, -38]（4 代表 -1 dB），得到如下曲线，Digital_Gain 在 (20,-18) 区间对 EVM 影响较小，与 CHIP722 结果一致；



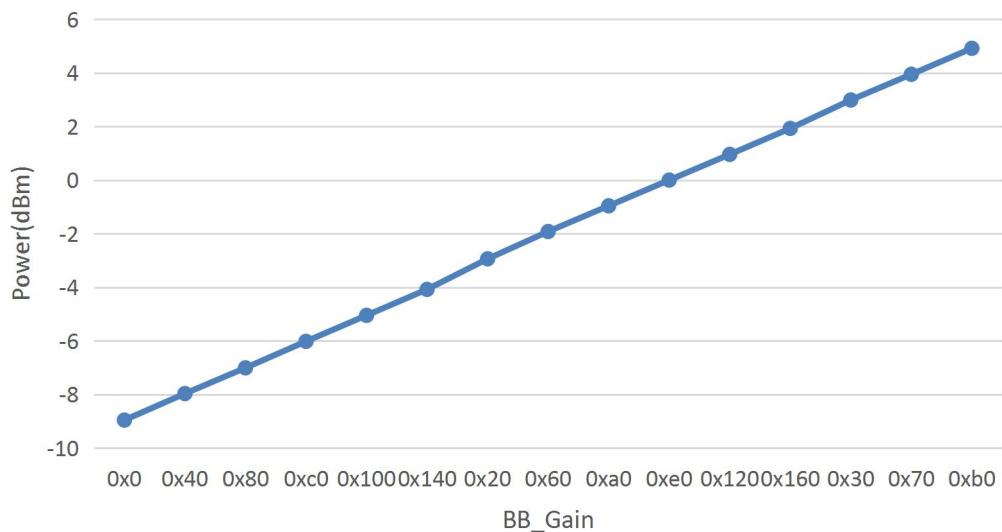
Digital_GAIN_vs_EVM@(PA=0x1f,bb_gain=0x100)



5.2 BB Gain 的增益和 EVM

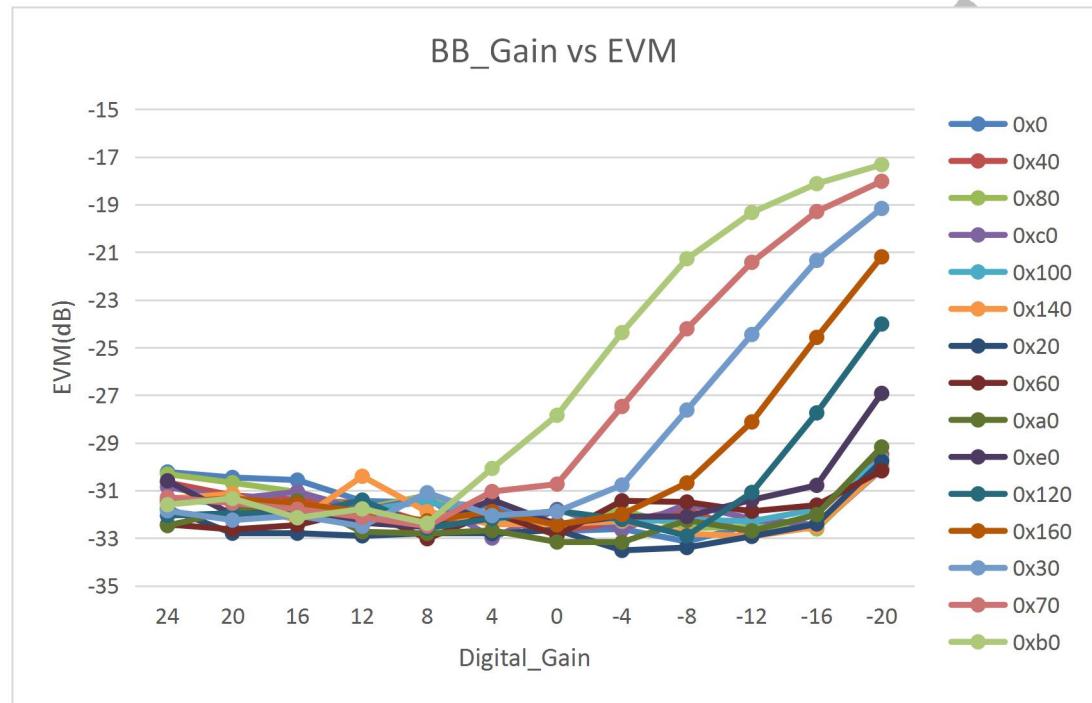
- 设置 PA_Gain = 0xf, Digital_Gain= 16 (4 代表 -1 dB) , 遍历 BB_Gain 从 0x0 ~ 0xb0(0 ~ 14dB), BB_Gain 测试呈线性;

BB_Gain linearity(@PA_Gain=0xf,Digital_Gain=16)





- 设置 PA_Gain = 0xf, Digital_Gain= 24~20 (4 代表 -1 dB) , 遍历 BB_Gain 从 0x0 ~ 0xb0(0 ~ 14dB), 测试结果表明 Digital_gain 和 BB_Gain 增益相加小于 13dB 时, 对 EVM 影响较小, 结果与 CHIP722 一致。



5.3 TX PA Gain 的增益和 EVM

- 设置 BB_Gain = 0x20, Digital_Gain = 12, 遍历 PA Gain, , 测试得到以下 PA Gain table。

stg2		stg1		stg0	
Index	Gain(dB)	Index	Gain(dB)	Index	Gain(dB)
0x0	0	0x0	0	0x0	0
0x1	6	0x1	6	0x1	6
0x2	9.5	0x2	9.5	0x2	9.5
0x3	12	0x3	12	0x3	11.7
0x4	14				
0x5	15.5				
0x6	17				
0x7	18				



5.4 TX Gain Table

- 对 Power=12,13,14,17,18,19,20dBm 分别测试，遍历不同的 PA Gain (0x1f~0x7f) , BB gain (0x0~0xb0)下，调节 Dig Gain 达到相同目标功率时的 EVM, MASK 来看。
 - (1) tx power > 12 dBm , PA Gain $\geq 0x2f$
 - (2) tx power > 18 dBm , PA Gain $\geq 0x4f$

较优的设定 Power Control Gain 的范围：

$$\text{PA Gain} = [0x2f : 0x7f]$$

$$\text{BB_Gain} = [0x100, 0x140, 0x20, 0x60, 0xa0, 0xe0, 0x120, 0x160, 0x30]$$

$$\text{Digital} = [-20: 20]$$

- 目前电路要求，在调整不同功率档时，BB_Gain 和 PA_Gain 用一个配置，调节 Digital_gain 达到不同功率设定，13.5dBm 低功率档和 19.5dBm 高功率档，Digital_Gain 相差 24，Digital_Gain 范围 [-20: 20] 较优，那么高功率在 -13 左右，低功率在 10 左右，较好。
- Power Control 的设定初始值，低功率校准初始增益配置，PA Gain = 0x5f, BB_Gain = 0x20, Digital_Gain = 12。

5.5 11b 和 OFDM 的 power 差异

- 相同的 GAIN 下，11b 比 OFDM 的功率小 0.75 dB 左右，设置 11b 的补偿量为 0.75dB，与 CHIP722 一致。

					Sample1	Sample2	Sample3
pa_gain	bb_gain	dig_atten	channel	rate	power(dBm)	power(dBm)	power(dBm)
0x5f	0xa0	-10	1	mcs0	16.13	16.61	17.38
0x5f	0xa0	-10	1	1m	15.36	15.86	16.70



6. I2C 配置

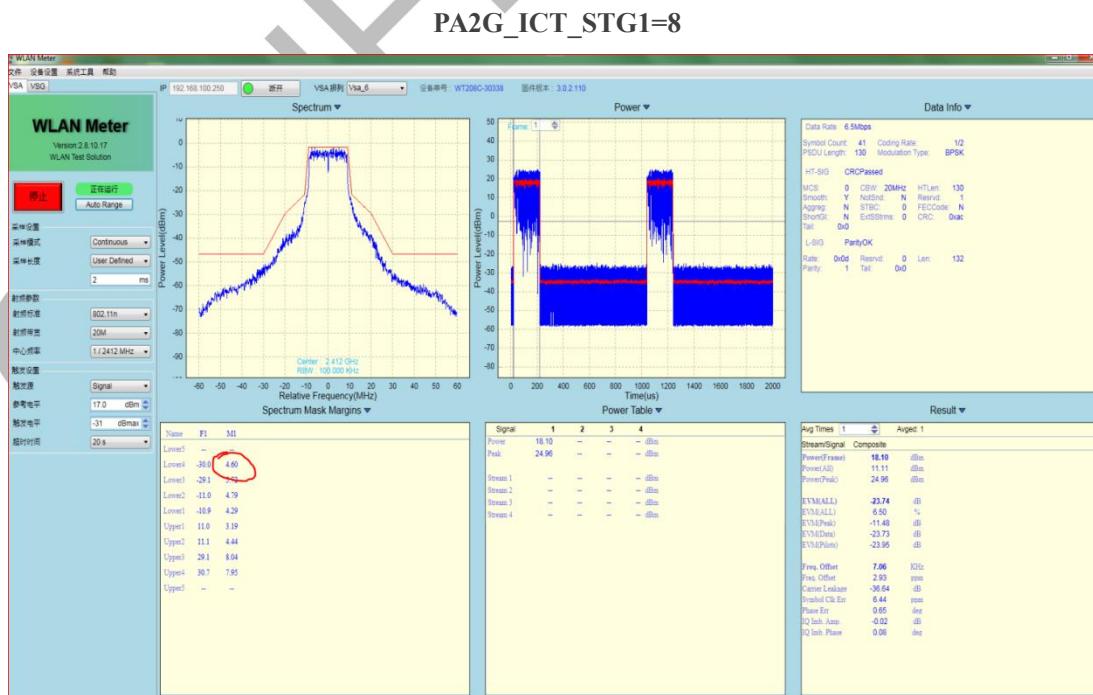
6.1 TX I2C 寄存器优化

- 遍历寄存器，测试 mcs7，目标功率 13dBm，将 PA2G_ICT_STG1 由 4 配置为 8 时，EVM 可提升 Power 提升 2 dB 左右, EVM 提升 1 dB；

					PA2G_ICT_STG1=4	PA2G_ICT_STG1=8		Diff		
rftx	bbgain	dig_atten	channel	rate	power	evm	power	evm	Power	Evm
0x5f	0xa0	12	2412	mcs7	10.96	-29.94	13.48	-31.88	2.52	-1.94
0x5f	0xa0	12	2472	mcs7	11.15	-30.01	13.46	-30.69	2.31	-0.68

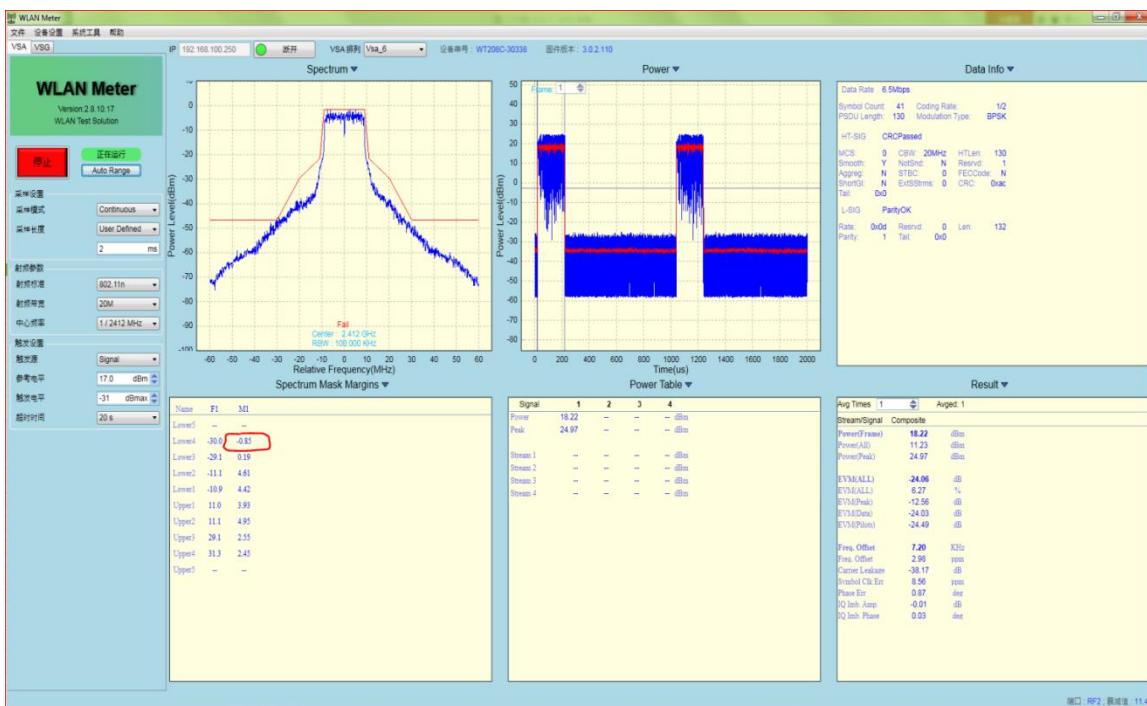
- 遍历寄存器，测试 mcs0，目标功率 18dBm，将 PA2G_ICT_STG1 由 4 配置为 8 时，可提升 Power 提升 2 dB 左右, 同时，在相同功率下 Margin 提升 5 dB；

					PA2G_ICT_STG1=4	PA2G_ICT_STG1=8		Diff		
rftx	bbgain	dig_atten	channel	rate	power	lower4	power	Lower4	Power	Lower4
0x5f	0x20	-8	2412	mcs0	15.76	4.8	18.02	4.5	2.26	
0x5f	0x20	-15	2412	mcs0	18	-0.5	17.9	4.8		5.3





PA2G_ICT_STG1=4



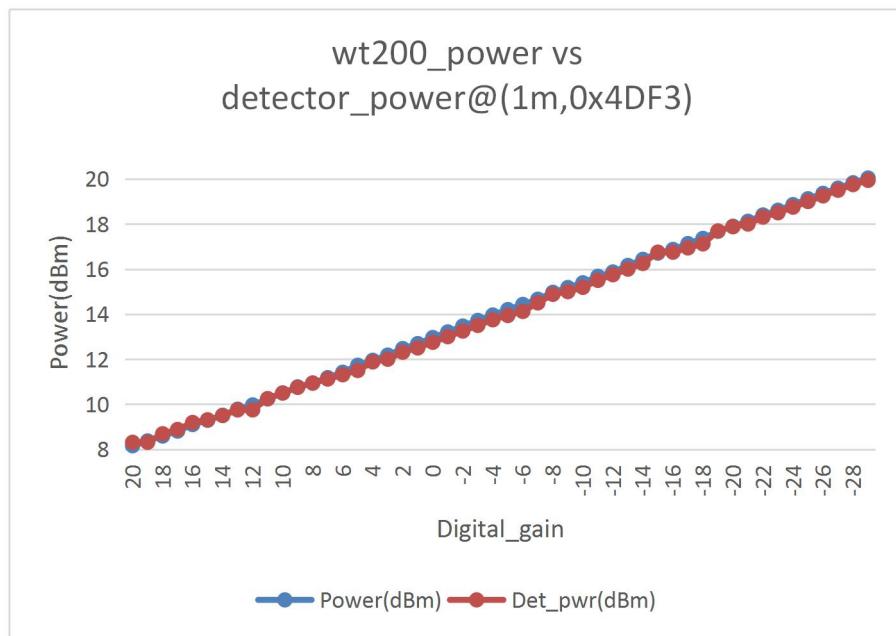
- 基于目前的优化结果，PA 寄存器的配置如下：

PA_register	default	CHIP722	CHIP723
TMX2G_CCT_LOAD	7	11	11
TMX2G_RCT_LOAD	0	1	1
PA2G_CCT_STG1	7	11	11
PA2G_CCT_STG2	0	4	4
PA2G_ICT_STG0	8	8	8
PA2G_ICT_STG0_CGM	3	2	2
PA2G_ICT_STG1	4	4	8
PA2G_ICT_STG1_CGM	9	10	10
PA2G_ICT_STG2	10	10	10
PA2G_CCT2F_STG0	0	0	0
PA2G_MCT_CLASSB	0	0	0
PA2G_RCT_STG2	0	1	1
PA2G_STG1_SEL_ICGM	0	1	1
PA2G_STG1_SEL_ICGM_N	1	1	1
PA2G_VCT_CSC_STG0	8	10	10
PA2G_VCT_CSC_STG1	4	4	4
PA2G_VCT_CSC_STG2	10	10	10
PWDET_VTH_TUNE	4	4	4
SPARE_TX	5	5	5

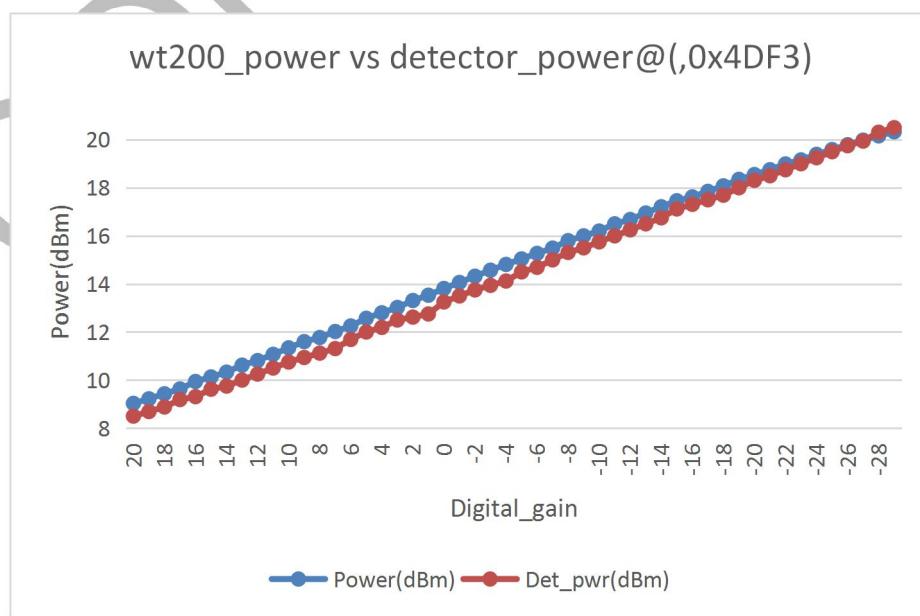


7. Power Detector

- 用 WT200 综测仪测试，在 8~20dBm 输出功率范围内，1M 的包，功率几乎与仪器测试曲线重合。测试曲线如下图：



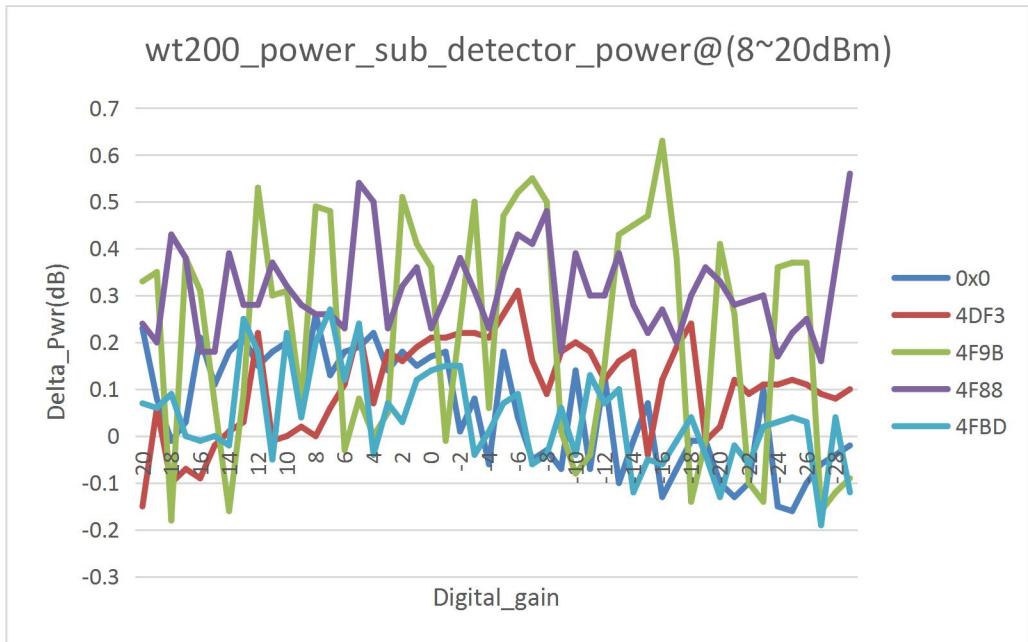
测试 MCS7 的包，由于 MCS7 数据部分波形变化较大，MCS7 的包头估算结果与实际功率误差较大





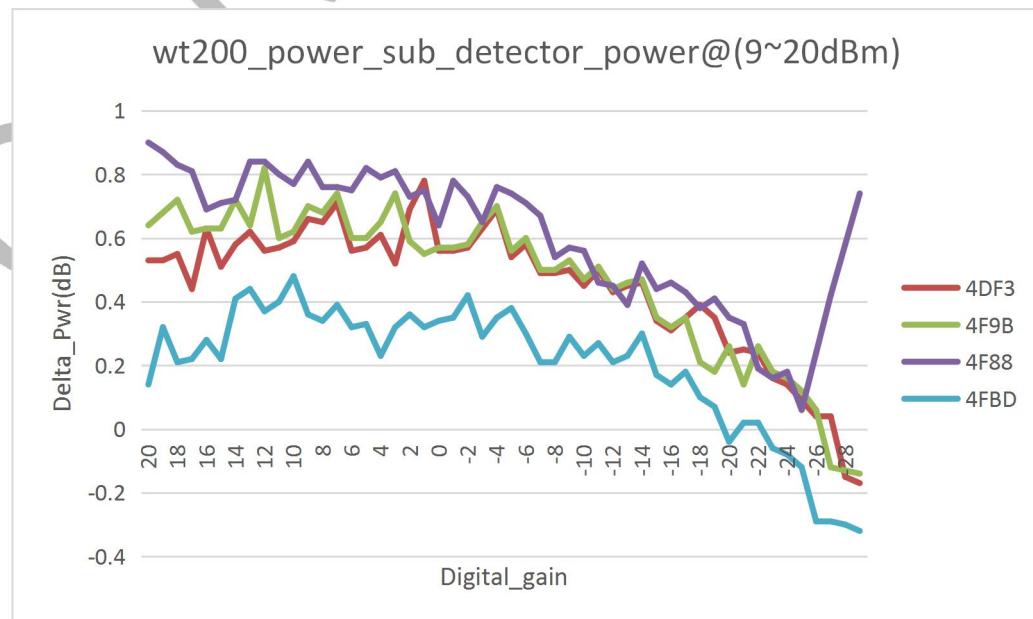
- 1M 的检测误差，对比 5 个模块的 Power Detector 测量值与 WIFI 综测仪测量值的误差

Delta(dB)，在 8~20dBm 测量功率范围内，最大误差有 0.8dB 左右，如下图：



- Mcs7 的检测误差，对比 4 个模块的 Power Detector 测量值与 WIFI 综测仪测量值的误差

Delta(dB)，在 9~20dBm 测量功率范围内，误差变化较大如下图，目前 mcs7 target power =设置 13.5dBm，能做到 14dBm 功率。





8. TX 基本性能测试

8.1 TxPower & EVM

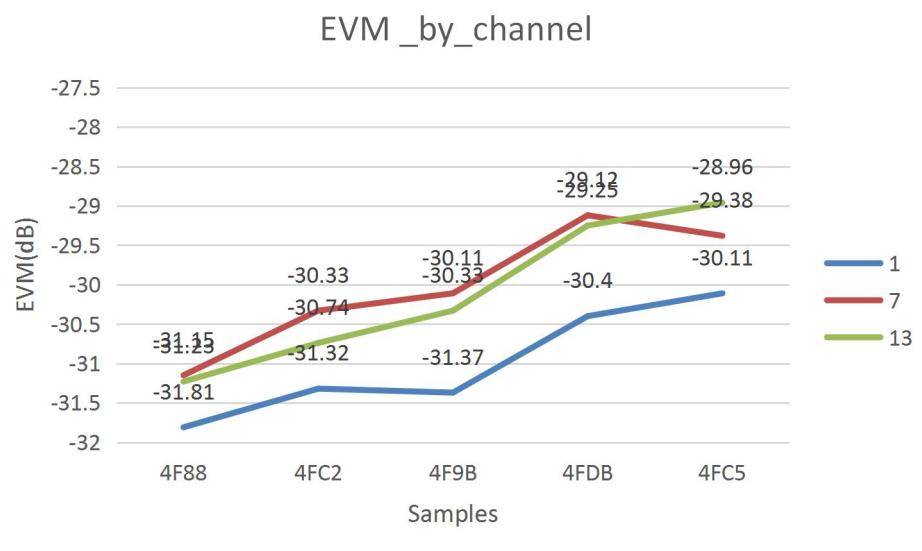
- Chip723 TX Power & EVM 测试结果如下表所示。

Mode	Rate	Chip723		Chip722	
		TxPower (dBm)	EVM (dB)	TxPower (dBm)	EVM (dB)
11b	1m	19.5	-26	19.5	-25.5
	2m	19.5	-26	19.5	-25.5
	5.5m	19.5	-26	19.5	-25.5
	11m	19.5	-26	19.5	-25.5
11g	6m	18	-23	18	-23
	9m	18	-23	18	-23
	12m	18	-23	18	-23
	18m	18	-23	18	-23
	24m	17	-25	17	-25
	36m	17	-26	17	-26
	48m	16	-28	16	-28
	54m	15	-30	15	-29
11n_20	mcs0	18	-23	18	-23
	mcs1	18	-23	18	-23
	mcs2	18	-23	18	-23
	mcs3	17	-23	17	-23
	mcs4	17	-25	17	-25
	mcs5	16	-28	16	-27
	mcs6	15	-30	15	-29
	mcs7	14	-30.5	13	-31.5
11n_40	mcs0_40	18	-23	18	-23
	mcs1_40	18	-23	18	-23
	mcs2_40	18	-23	18	-23
	mcs3_40	17	-23	17	-23
	mcs4_40	17	-25	17	-25
	mcs5_40	16	-27	16	-27
	mcs6_40	15	-29	15	-29
	mcs7_40	14	-30	13	-31.5



- 中间信道因为受到来自晶振干扰的影响，在 xtal-p 串联 100 ohm 电阻的情况下，中间信道和高信道 EVM 还是会比低信道差 1dB。

Power_EVM		4F88	4FC2	4F9B	4FDB	4FC5	Average
Chan	Rate	Power	Power	Power	Power	Power	
1	mcs7	13.75	13.96	13.7	12.97	13.81	13.64
7	mcs7	13.9	14.2	13.88	13.29	13.91	13.84
13	mcs7	14.03	14.22	13.79	13.32	14.18	13.91
Chan	Rate	Evm	Evm	Evm	Evm	Evm	
1	mcs7	-31.81	-31.32	-31.37	-30.4	-30.11	-31.00
7	mcs7	-31.15	-30.33	-30.11	-29.12	-29.38	-30.02
13	mcs7	-31.23	-30.74	-30.33	-29.25	-28.96	-30.10





8.2 Mask Margins

- CHIP723_Marlin3 频谱模板测试结果如下表所示，余量均 $> 3\text{dB}$ ，比 CHIP722 提升近 1dB。

Chan	Rate	Power	L4_marg	L3_marg	L2_marg	L1_marg	U1_marg	U2_marg	U3_marg	U4_marg
1	1m	19.83	null	null	7.81	19.14	15.79	8.62	null	null
7	1m	20.07	null	null	7.77	18.58	15.15	9.14	null	null
13	1m	19.98	null	null	7.26	17.56	14.91	9.24	null	null
1	11m	19.86	null	null	9.05	17.05	15.68	10.00	null	null
7	11m	20.12	null	null	8.71	16.88	15.15	9.82	null	null
13	11m	20.02	null	null	8.23	16.04	14.93	9.48	null	null
1	6m	18.12	11.72	11.30	5.92	6.25	5.69	5.12	11.68	14.34
7	6m	18.34	11.12	10.55	5.61	5.98	5.45	4.92	10.98	14.13
13	6m	18.36	11.13	9.95	5.26	5.68	5.50	5.03	10.60	14.06
1	mcs0	18.09	4.65	5.86	4.73	3.96	4.18	4.19	7.56	7.78
7	mcs0	18.3	4.22	5.26	4.46	3.75	4.01	4.05	7.47	7.78
13	mcs0	18.3	3.79	5.05	4.09	3.36	4.08	4.11	7.20	7.50
1	mcs0_40	17.88	16.83	9.92	4.49	6.31	4.16	4.01	9.93	17.51
7	mcs0_40	18.14	16.27	8.86	3.88	5.88	3.92	3.73	9.21	17.04
13	mcs0_40	18.19	15.65	7.68	3.28	5.36	3.97	3.71	8.88	16.55

8.3 IQ mismatch

- IQ mismatch 的结果如下表所示。

TXIQ		Sample1_4FC2		Sample2_4F98		Sample3_4F9B		Sample4_4FDB		Sample_4DA5	
Chan	Rate	Amp (dB)	Phase (deg)	Amp (dB)	Phase (deg)						
1	1m	0.01	0.21	0.01	-0.51	0.01	0.12	0.01	-0.2	0.01	0.35
7	1m	0.01	0.22	0.01	-0.55	0.01	0.07	0.01	-0.27	0.01	0.31
13	1m	0.01	0.19	0.01	-0.52	0.01	0.11	0.01	-0.22	0.01	0.34
1	6m	-0.04	0.7	-0.01	0.67	-0.01	0.76	-0.02	0.72	0	-0.05
7	6m	-0.04	0.79	-0.01	0.78	0	0.81	-0.02	0.78	0	-0.01
13	6m	-0.05	0.73	-0.02	0.74	-0.02	0.75	-0.02	0.71	0.01	0.01
1	54m	-0.03	0.54	-0.01	0.51	0.01	0.55	-0.02	0.53	-0.01	0.81
7	54m	-0.03	0.65	-0.01	0.56	0.01	0.62	-0.01	0.6	-0.01	0.78
13	54m	-0.03	0.64	-0.01	0.57	0.01	0.6	-0.02	0.61	-0.02	0.79
1	mcs0	-0.02	0.09	-0.02	0.19	-0.01	0.06	-0.01	0.16	-0.02	0.15
7	mcs0	0	0.06	-0.01	0.19	-0.01	0.06	-0.02	0.16	-0.01	0.28
13	mcs0	-0.01	0.06	-0.01	0.18	-0.01	0.1	-0.03	0.26	-0.02	0.2



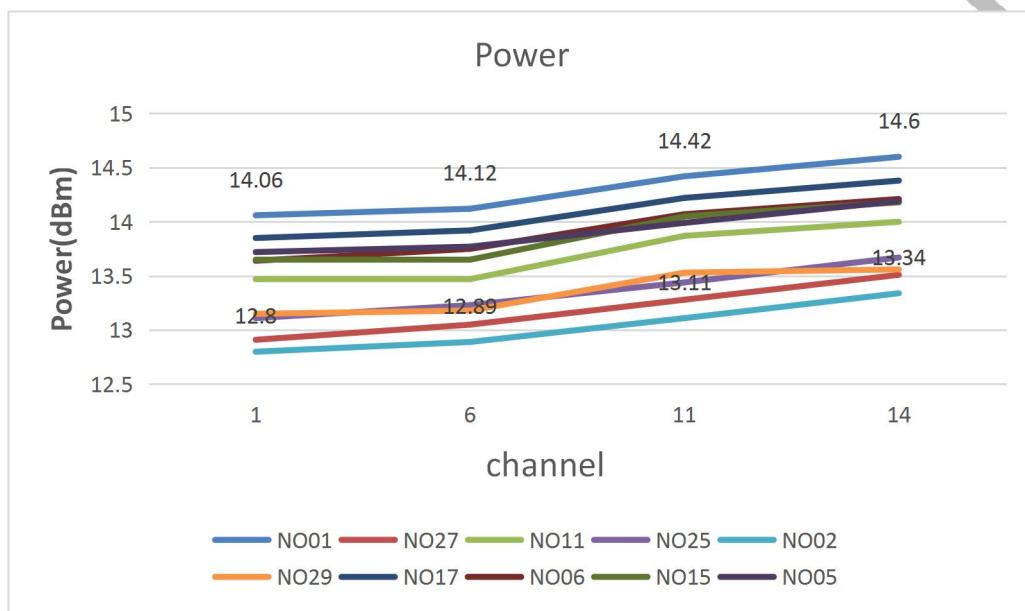
1	mcs7	-0.01	0.06	-0.01	0.18	0	0.07	-0.01	0.15	-0.01	0.27
7	mcs7	-0.01	0.08	-0.01	0.14	0	0.05	0.00	0.12	0	0.19
13	mcs7	0	0.03	0	0.2	0	0.04	-0.01	0.19	-0.01	0.14
1	mcs0_40	0	0.04	0	0.21	-0.01	0.15	0.01	0.26	-0.01	0.28
7	mcs0_40	0	0	0	0.23	0	0.18	-0.01	0.24	-0.01	0.26
13	mcs0_40	0	0.05	-0.01	0.26	0	0.18	0.00	0.2	-0.01	0.36
1	mcs7_40	-0.01	0.12	0	0.05	0.02	-0.01	0.00	0.08	0	-0.09
7	mcs7_40	-0.01	0.09	0	0.01	0.02	-0.05	-0.01	0.08	0.01	-0.06
13	mcs7_40	-0.03	0.11	0.01	0.03	0.02	-0.02	0.01	0.09	0	-0.08



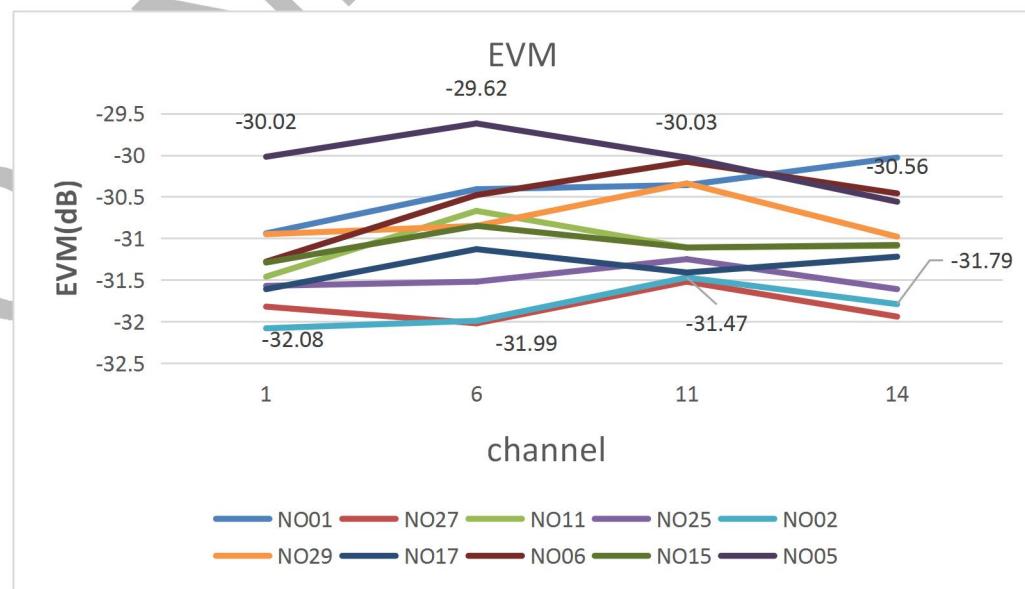
9. TX 一致性测试

- Force Gain 对比 IC 的一致性，测试 10pcs IC，测试结果如下：

- ◆ Power 波动在 1.5dB 左右；

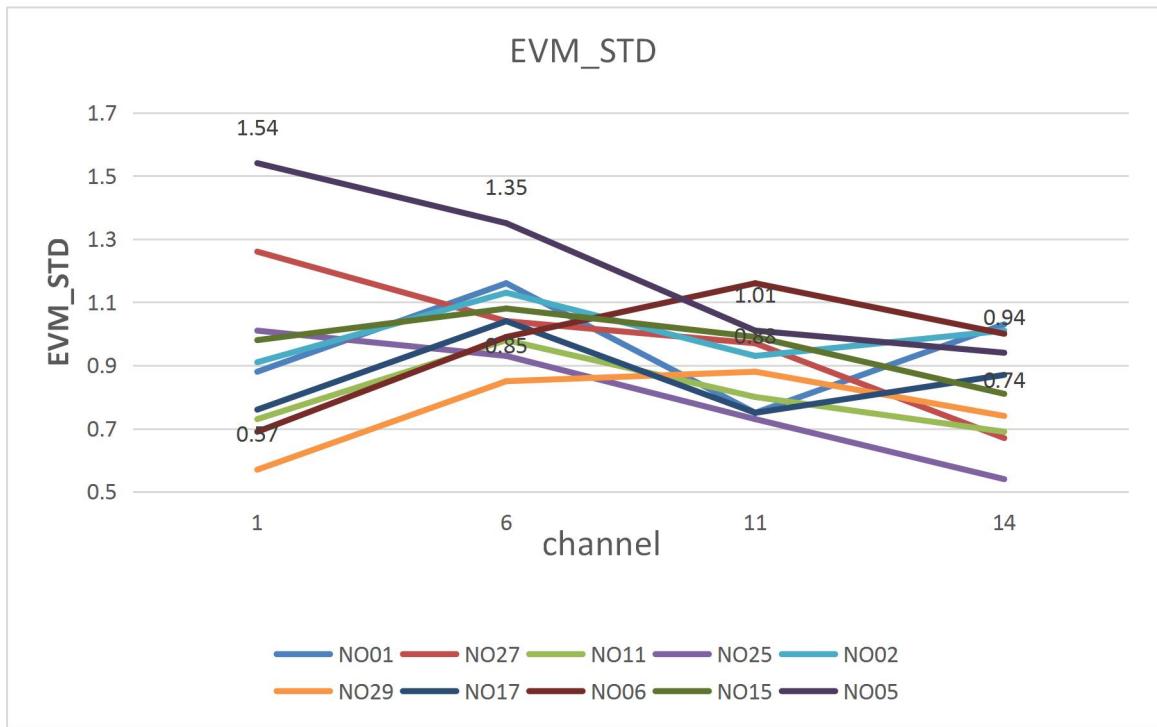


- ◆ EVM 不同 IC 间的波动 CH1 最大有 2dB 的波动，中间最大波动为 2.6 dB，与 40M 晶振倍频干扰相关；





◆ EVM STD 的波动 [0.5,1.6]





10. Phase Noise 测试

10.1 概述

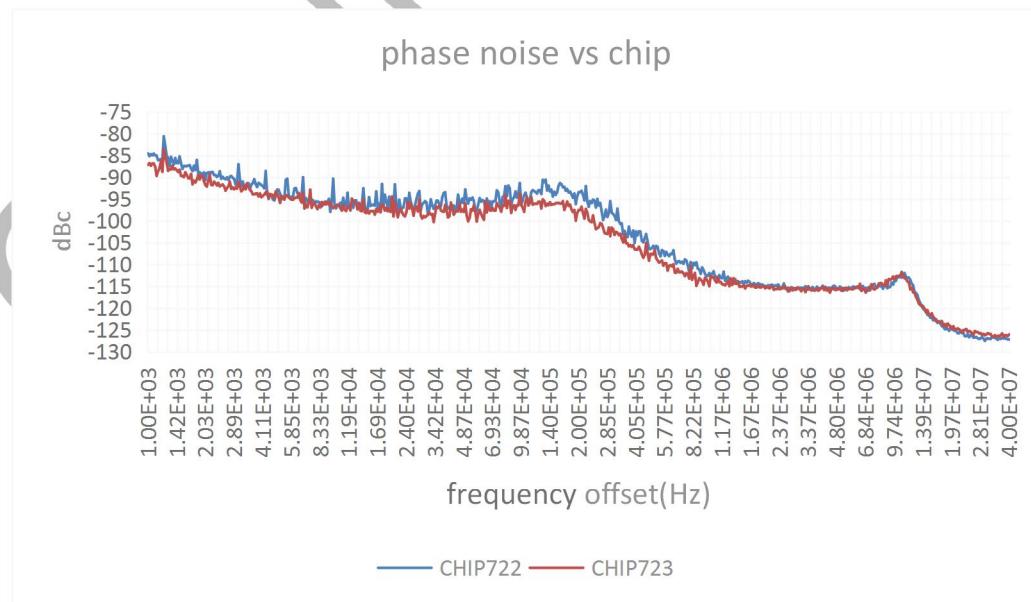
- CHIP723 与 上一版芯片（CHIP722）的 Phase Noise 对比，改善 5 dBc 左右。
- 从常温升到高温，rfpll dtest 电压会升高，当电压过高时 phase noise 会变差，在高温下重新校准，dtest 电压会校准回来，phase noise 也会校准回来。
- vco_dbias dtest 电压为 1.1 V 左右时 phase noise 较好。

10.2 测试方法

DUT 连接频谱仪（N9020A），配置 DUT 使用 DC 发 tone，频谱仪设置：Phase Noise 测试模式，Frequency offset 设置 1KHz--40MHz，measure 选择 Log Plot，carrier frequency 设置为 DUT 发 tone 的频点。

10.3 测试结果

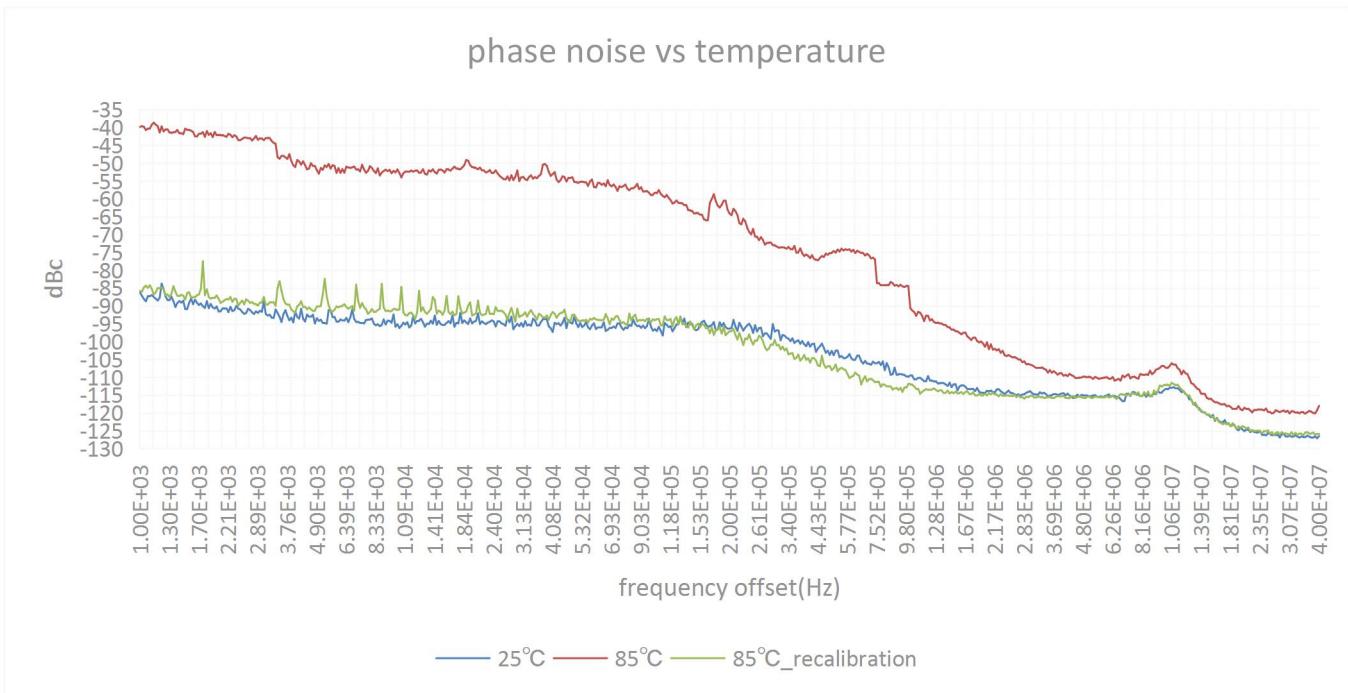
CHIP723 与 上一版芯片（CHIP722）的 Phase Noise 对比如下图 1



从对比结果来看，在 frequency offset 100 KHz -- 1 MHz 这一段的 phase noise 改善明显。



常温、高温以及高温下 recalibration 的 Phase Noise 对比如下图



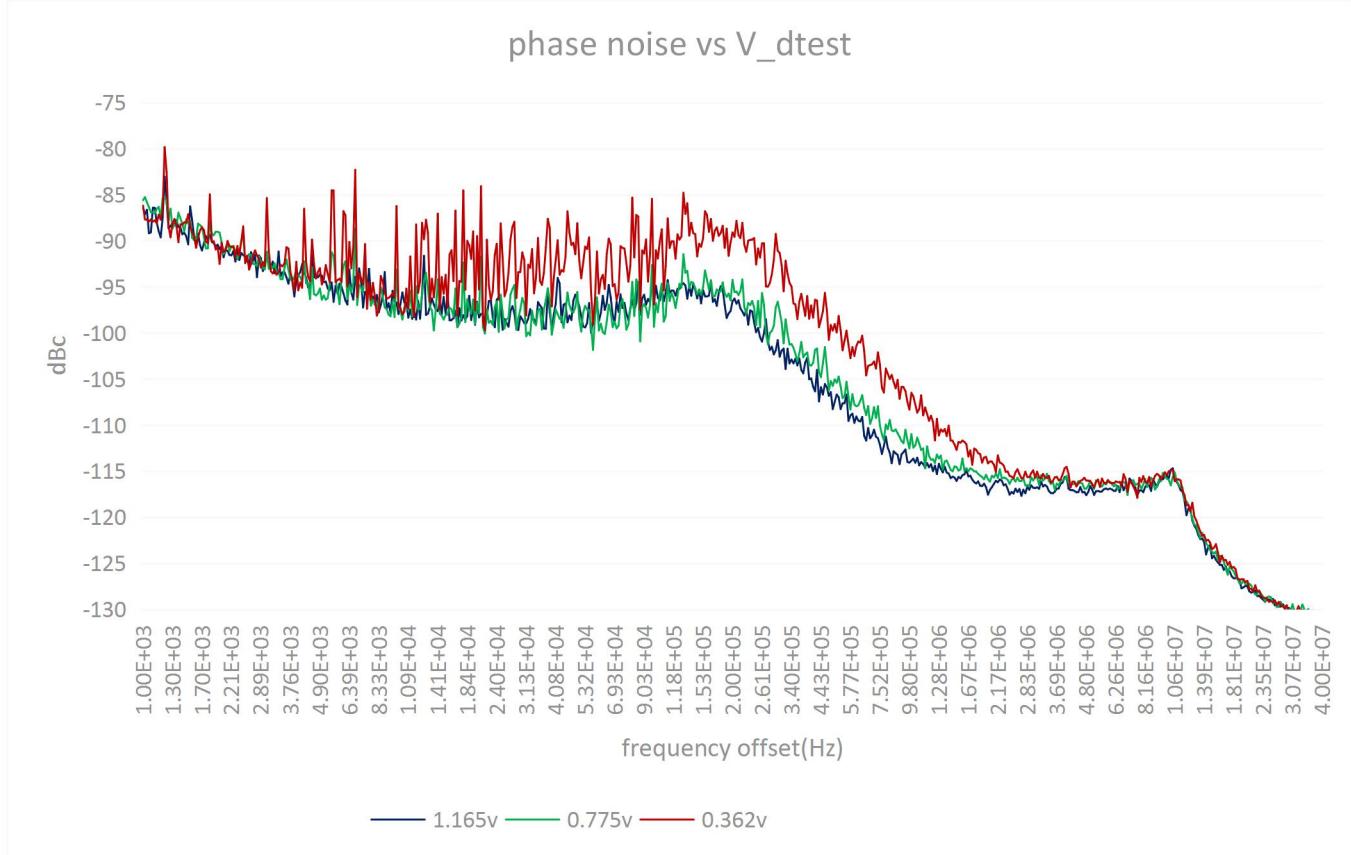
在常温 25 °C 时，rfpll dtest 电压为 1.042 V，phase noise 见上图蓝线，mcs7 速率的发射功率为 13.4 dBm，EVM 为 -31.2 dB。

升温到 85 °C，rfpll 不做校准，此时 rfpll dtest 电压为 1.445 V，phase noise 极差，见上图红线，仪器无法解调。

在 85 °C 下 rfpll 校准，此时 rfpll dtest 电压为 1.203 V，phase noise 校准回来了，见上图绿线，mcs7 速率的发射功率为 13.3 dBm，EVM 为 -32.2 dB。



Phase Noise 与 rfpll dtest 电压的关系如下图：



dtest 电压为 1.1 V 左右时 phase noise 较好。



11. 认证杂散测试

11.1 概述

- 在两个认证实验室测试 CHIP723 辐射杂散，两个实验室的测试结果差不多，CHIP723 与 CHIP722 辐射杂散差不多，4.8 GHz 和 9.6 GHz 杂散超标 3 dB 左右。
- 将天线断开，接 50 Ω 负载测试，杂散大小没有变化，推断杂散超标不是来自 RF 链路辐射，可能主要是从 PA 电源辐射出来。
- 调节 PA 电源的滤波网络参数，9.6 GHz 杂散调到距离 FCC 标准 10 dB 余量，但 4.8 GHz 会超标，很难同时将 4.8 GHz 和 9.6 GHz 杂散都调到 10 dB 余量。

11.2 认证实验室测试结果

DUT：ESP32_S2 模组+底板，芯片为 CHIP723

测试环境：FCC 认证测试环境，微波暗室，3m 场地，辐射测试。

- 认证测试 limit

Frequency of emission (MHz)	Field strength(uV/m)	Field strength(dBuV/m)
30-88	100	40
88-216	150	43.5
216-960	200	46
Above960	500	54

§15.35(b)

There is also a limit on the radio frequency emissions, as measured using instrumentation with a peak detector function, corresponding to 20 dB above the maximum permitted average limit.

Peak Limit=74 dBuV/m

Average Limit=54 dBuV/m



● 同耀认证实验室测试结果：

DUT	TX POWER(dBm)	9.6 GHz noise (dbuv/m)	4.8 GHz noise (dbuv/m)	FCC limit(dbuv/m)	9.6 GHz noise margin	4.8 GHz noise margin
CHIP723 module 1	19.5	61.5	57.8	54	-7.5	-3.8
将 CHIP723 module 1 天线 断开测试	19.5	60.5	57.8	54	-6.5	-3.8
CHIP723 module 2	19.5	57.3	56.3	54	-3.3	-2.3
CHIP723 module 3	19.5	56.1	58.3	54	-2.1	-4.3
CHIP722_TT_B2 module 1	19.5	55.9	58.2	54	-1.9	-4.2
marlin3_B2 module 1	19.5	57.2	57.5	54	-3.2	-3.5
ESP32_SOLO1 module	19.5	NA	57.6	54	NA	-3.6

● 倍科认证实验室辐射杂散测试结果：

DUT	TX POWER(dBm)	9.6 GHz noise (dbuv/m)	4.8 GHz noise (dbuv/m)	FCC limit(dbuv/m)	9.6 GHz noise margin	4.8 GHz noise margin
ESP32_SOLO1 module	19.5	NA	56.59	54	NA	-2.59
CHIP722_TT_B2 module 1	19.5	56.62	58.15	54	-2.62	-4.15
CHIP723 module 2	19.5	55.89	55.49	54	-1.89	-1.49

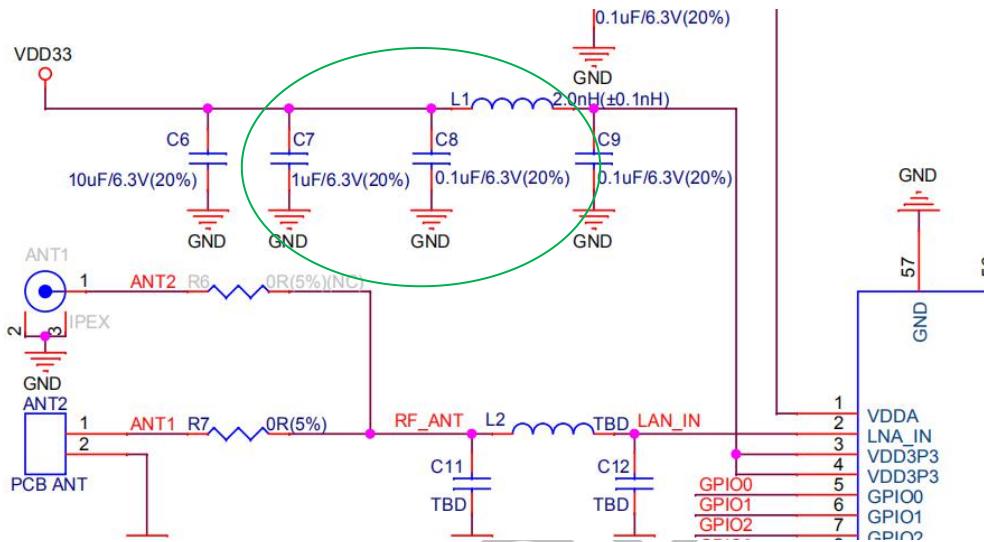
● 结论

- 两个认证实验室测试结果差不多，辐射杂散 4.8GHz 和 9.6 GHz 超标 3 dB 左右。
- 将天线断开，接 50 Ω 负载测试，杂散大小没有变化，杂散超标不是来自 RF 链路辐射。



11.3 PA 电源的滤波网络对辐射杂散的影响。

调节 PA 电源滤波网络参数，如下图绿圈内 π 型网络



● 调节滤波网络参数测试结果：

DUT	TX POWER(dBm)	C8	L1	C9	9.6 GHz noise (dbuv/m)	4.8 GHz noise (dbuv/m)	FCC limit(dbuv/m)
CHIP723 module 3	19.5	0.1 uf	2 nH	0.1 uf	56.1	58.3	54
CHIP723 module 3	19.5	5.6 pf	2 nH	NC	41	58.08	54
CHIP723 module 3	19.5	5.6 pf	2 nH	2.4 pf	49.08	55.86	54
CHIP723 module 3	19.5	2.4 pf	2 nH	NC	45.04	56.05	54
CHIP723 module 3	19.5	2.4 pf	0 Ω	NC	58.14	49.93	54

● 结论：

- 尝试很多滤波网络参数，无法同时将 4.8 GHz 和 9.6 GHz 杂散都调到 10 dB 余量。



12. 电流测试

12.1 TX 电流测试

- 测试条件：常温 25 度，电源电压为 3.3V，采样速率 0.1ms，采样个数 512，TX 占空比为 50%。

Module_v1.6			4C6C			4CFC			4C3F		
cbw40m	rate	channel	max	avg	pwr	max	avg	pwr	evm	max	avg
0	1m	1	304.87	188.97	19.44	300.37	185.8	19.34	306.13	188.05	19.4
0	1m	6	306.52	188.84	19.41	301.95	186.85	19.48	301.56	186.68	19.38
0	1m	11	311.63	192.27	19.49	310.45	191.74	19.76	314.23	193.31	19.74
0	11m	1	307.44	190.31	19.27	302.93	187.26	19.28	308.29	189.79	19.36
0	11m	6	307.2	190.32	19.3	305.3	188.58	19.42	306.46	189.3	19.36
0	11m	11	315.52	194.45	19.43	314.82	193.81	19.7	319.26	195.93	19.73
0	6m	1	271.09	172	18.03	266.23	168.28	18.07	271.18	171.47	18.13
0	6m	6	274.1	172.16	18.05	266.79	169.53	18.07	268.04	170.01	18.02
0	6m	11	277.97	175.31	18.12	274.34	173.47	18.4	280.01	176.04	18.39
0	mcs0	1	274.51	173.11	17.86	268.03	169.53	17.8	274.18	172.33	17.95
0	mcs0	6	274.18	172.86	17.89	269.35	170.29	17.92	270.55	171.23	17.92
0	mcs0	11	279.33	176.02	18.08	276.67	174.69	18.24	281.93	177.24	18.26
1	mcs0_40	1	271.72	174.32	17.69	265.6	171.18	17.58	271.56	173.74	17.75
1	mcs0_40	6	274.48	174.46	17.62	269.55	172.19	17.7	270.29	172.95	17.65
1	mcs0_40	11	279.55	178.32	17.9	275.92	176.3	18.14	282.15	179.12	18.15
0	54m	1	231.12	151.09	15.38	221.71	146.26	15.04	229.12	150.04	15.44
0	54m	6	230.13	150.25	15.32	223.28	147.18	15.23	225.22	148.62	15.28
0	54m	11	232.79	152.61	15.5	227.9	149.9	15.51	234.65	153.13	15.79
0	mcs7	1	217.14	144.79	14.23	213.1	141.9	14.12	212.93	142.42	13.97
0	mcs7	6	216.43	143.67	14.12	213.96	142.41	14.27	210.92	141.23	13.88
0	mcs7	11	220.29	146.39	14.34	219.37	145.38	14.61	219.4	145.53	14.4
1	mcs7_40	1	215.6	145.89	13.84	211.89	144.12	13.88	213.23	144.29	13.76
1	mcs7_40	6	216.87	145.66	13.7	216.03	144.69	14.05	212.16	143.3	13.6
1	mcs7_40	11	220.37	148.38	14.08	219	147.57	14.43	221.27	147.46	14.24



12.2 RX 电流测试

- 测试条件：常温 25 度，电源电压为 3.3V，采样速率 0.1ms，采样个数 512，TX 占空比为 50%。

RX_Current			NO1_4E82	NO2_4E7A	No3_4E6C
cbw40m	rate	channel	curr_avg	curr_avg	curr_avg
0	1m	1	66.21	67.37	65.73
0	1m	6	66.08	67.01	67.74
0	1m	11	66.49	67.71	65.7
0	11m	1	66.31	67.43	65.64
0	11m	6	66.18	67.23	65.87
0	11m	11	66.49	67.63	65.96
0	6m	1	66.49	67.4	65.75
0	6m	6	66.21	66.6	67.32
0	6m	11	66.33	67.87	65.87
0	mcs0	1	66.31	67.32	65.75
0	mcs0	6	66.05	65.58	66.41
0	mcs0	11	66.42	68.18	65.9
1	mcs0_40	1	66.47	67.47	65.87
1	mcs0_40	6	66.21	66.98	67.37
1	mcs0_40	11	66.35	68.07	66.18
0	54m	1	66.37	67.48	66.07
0	54m	6	66.07	67.2	65.74
0	54m	11	66.63	68.14	66.1
0	mcs7	1	70.04	71.23	69.5
0	mcs7	6	69.99	71.64	70.02
0	mcs7	11	70	72.21	69.81
1	mcs7_40	1	70.29	71.43	69.7
1	mcs7_40	6	70.54	71.69	69.97
1	mcs7_40	11	70.21	72.13	69.87



13. 高低温测试

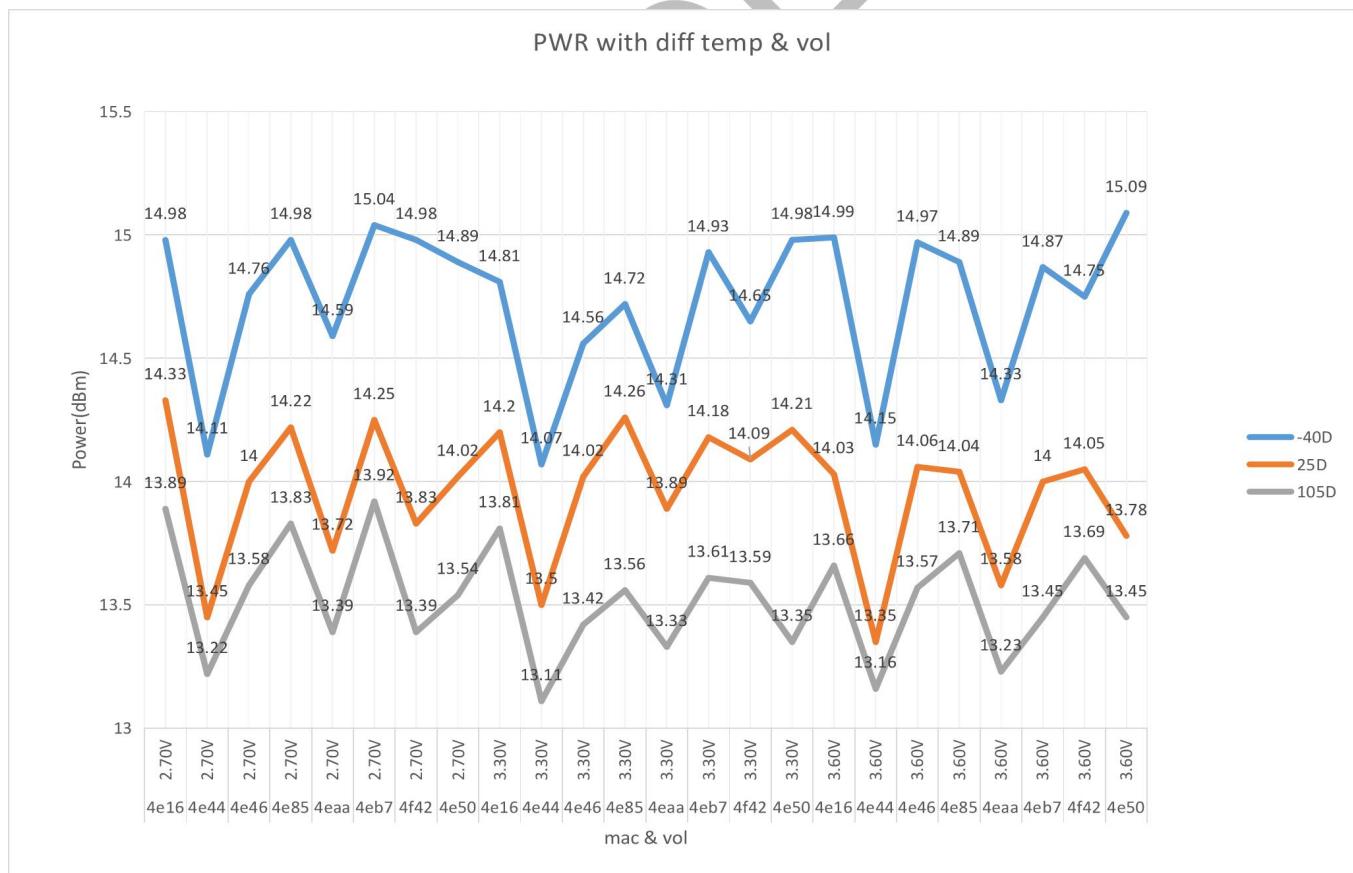
13.1 测试条件

- ◆ 测试温度: -40°C, 25°C, 105°C
- ◆ 测试电压: 2.7V, 3.3V, 3.6V
- ◆ 温度和电压进行组合测试

13.2 RFTX 测试结果

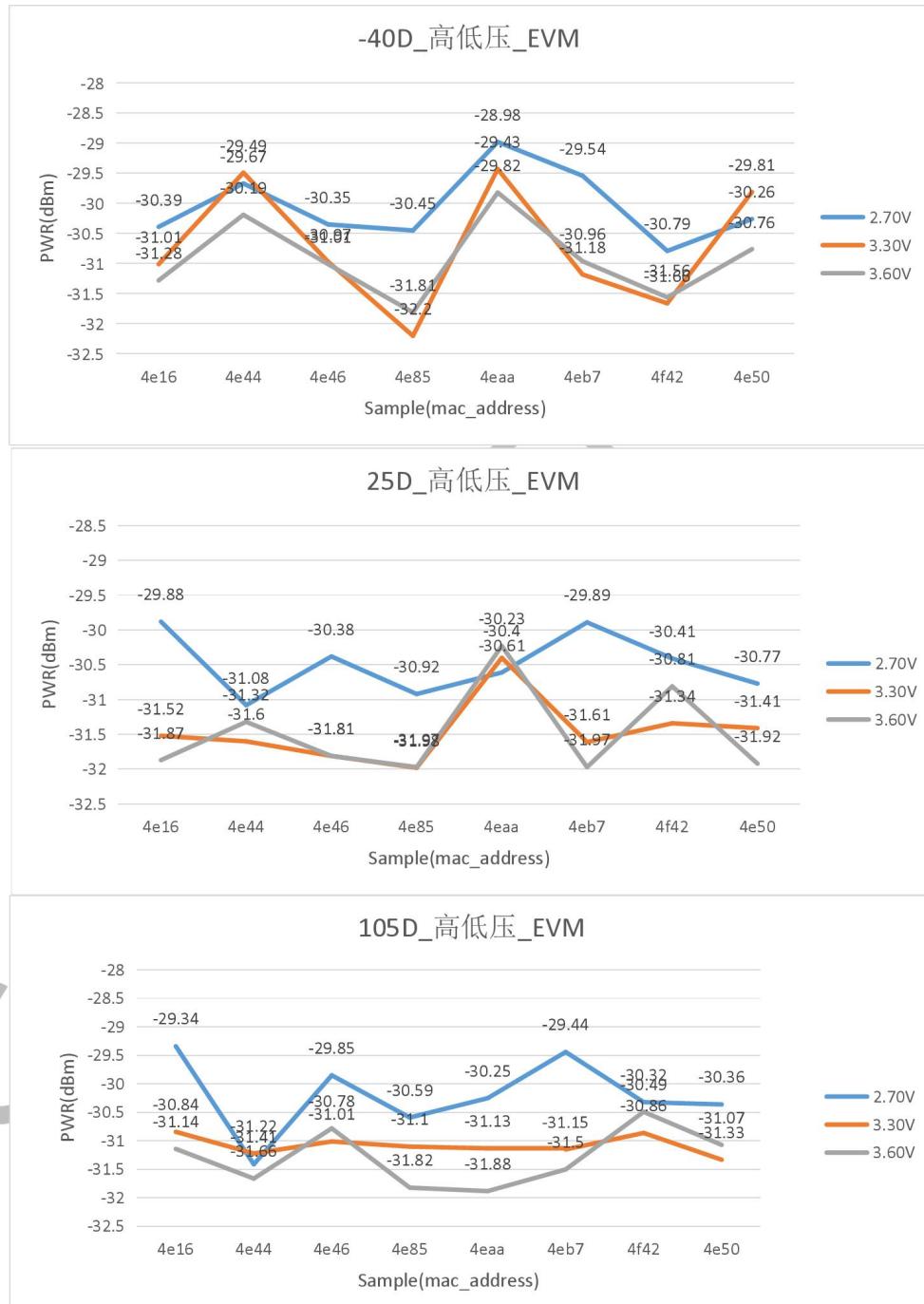
13.2.1 MCS7 Power& EVM 测试结果

1. 在相同温度下, 当电压分别为 2.7V, 3.3V, 3.6V 时, power 的波动在 0.5 dB 以内;





2. 在相同温度下，低压 2.7V EVM 比 3.3V 和 3.6 V 差近 1dB；

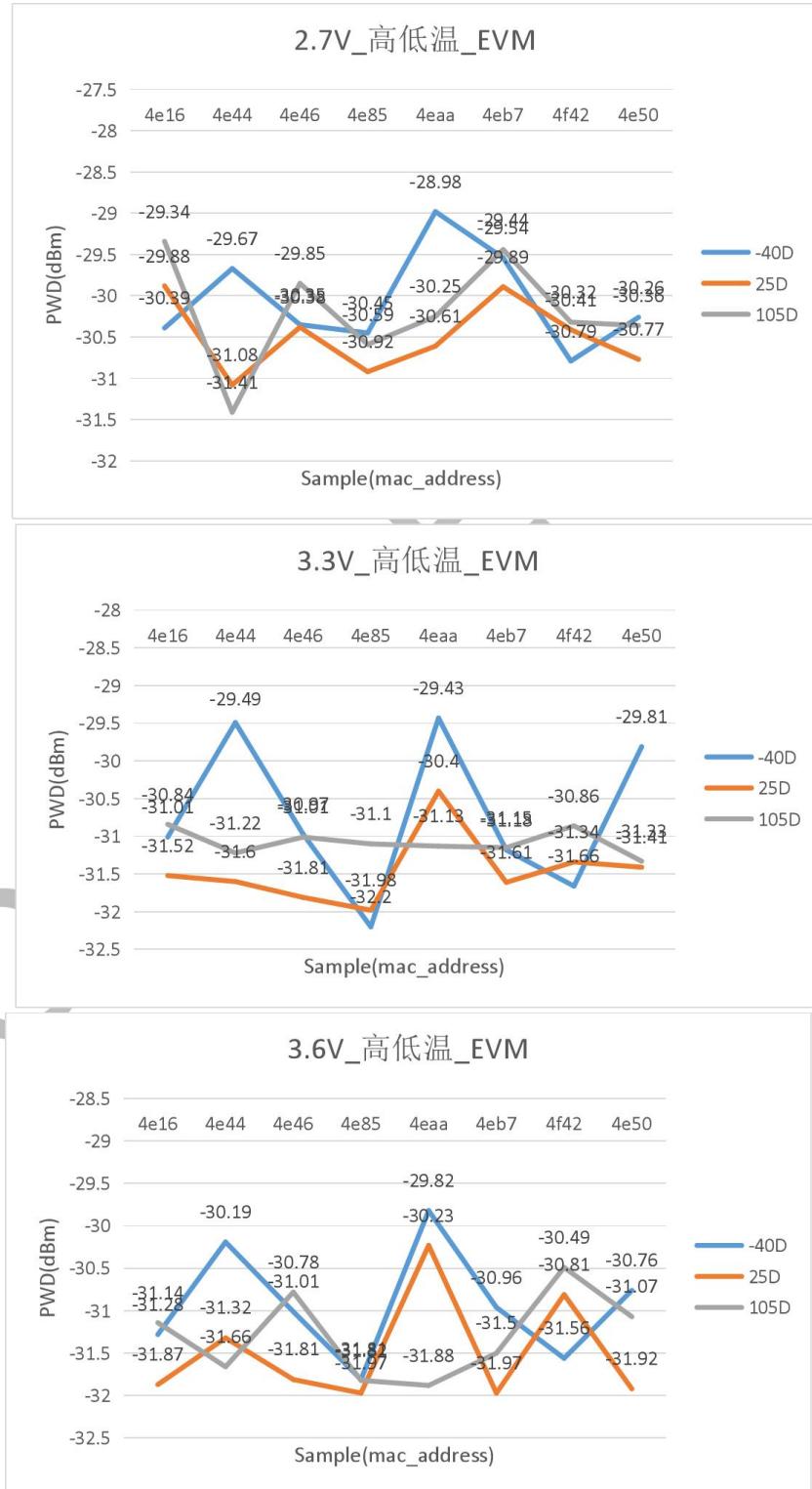


3. 相同电压下， -40°C 比 25°C 功率高 1 dB 左右， 105°C 比 25°C 功率低 0.5dB 左右，从低温到高温，power 波动在 1.5 dB 左右。





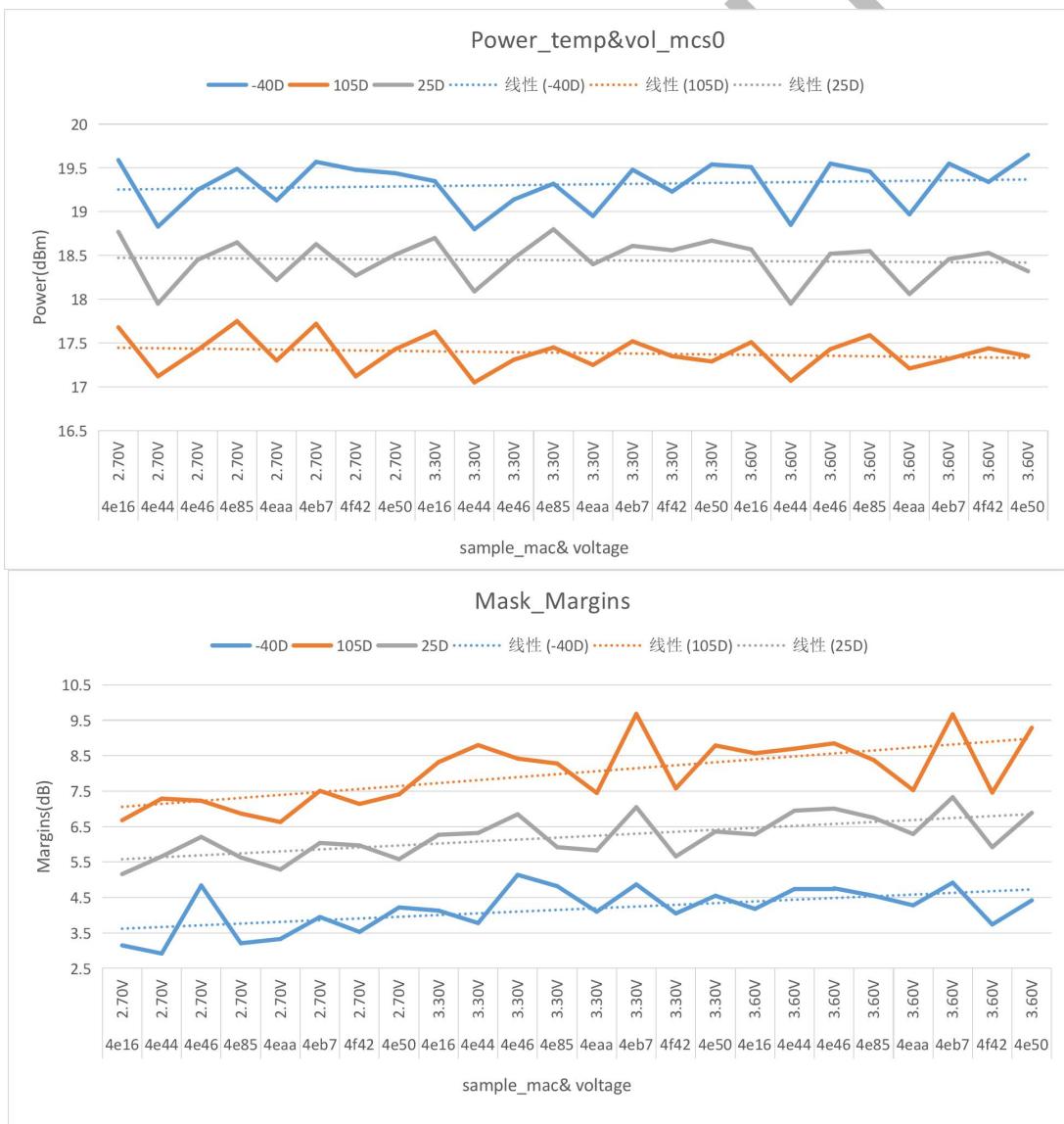
4. 相同电压下，-40°C 比 25°C EVM 差 0.5~1 dB（因低温功率比常温高 1dB 左右），
105°C 较 25°C EVM 未见明显变化。





13.2.2 MCS0 Power & Mask Margins 测试结果

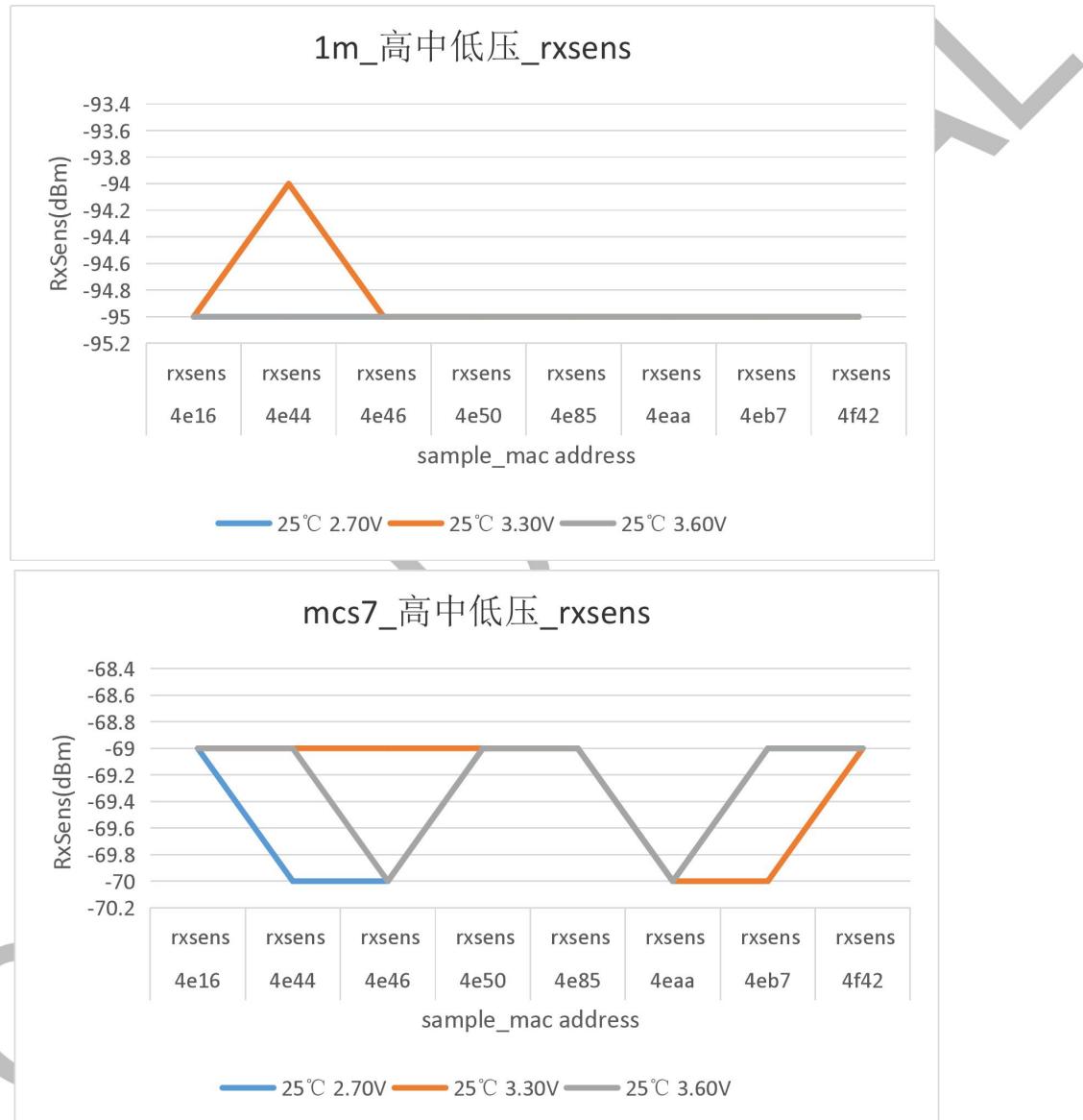
1. 相同电压下，MCS0 在 -40°C power 比 25 °C 高 1dB 左右，105°C power 比 25 °C 低 1dB 左右，power 从低温到高温变化 2 dB。
2. 相同电压下，MCS0 在 -40°C 时 Lower 4 Mask Margins 比 常温差 2 dB 左右（低温功率比常温高 1dB），105°C 比 25 °C 好 1dB 左右（高温比常温功率低 1dB）；
3. 相同温度下，mcs0 功率在高中低压下无明显波动，Lower 4 Mask Margins 在 2.7V 下较 3.3V 差 0.6 dB 左右；





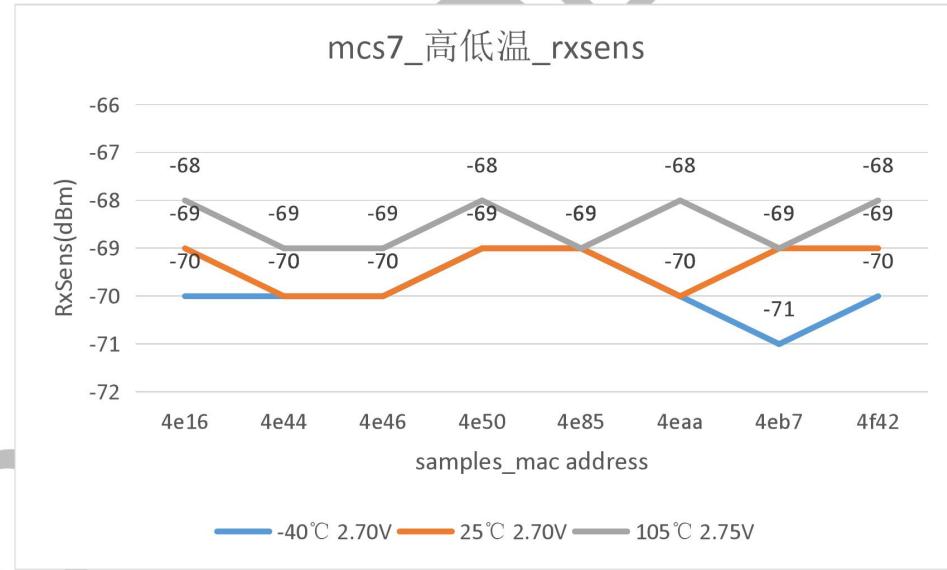
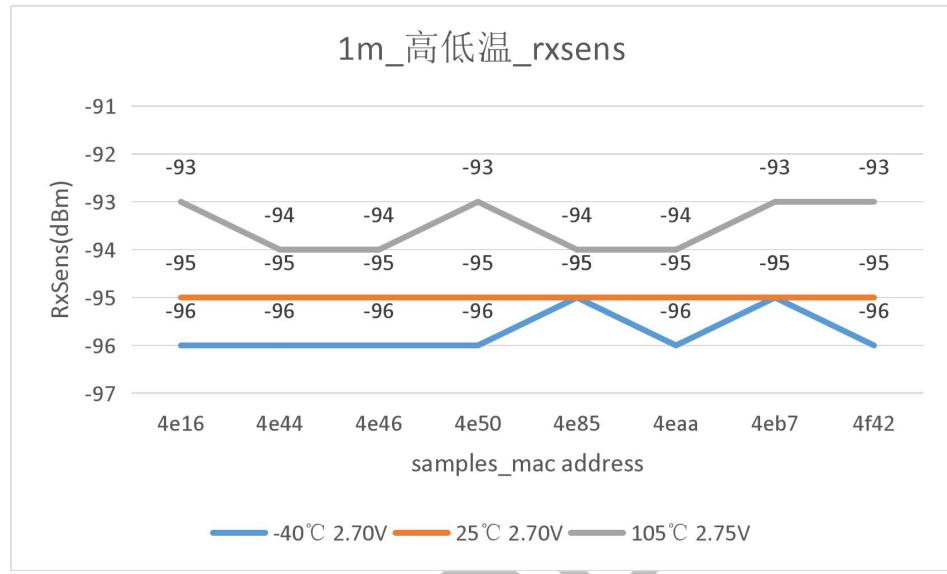
13.3 RFRX 测试结果

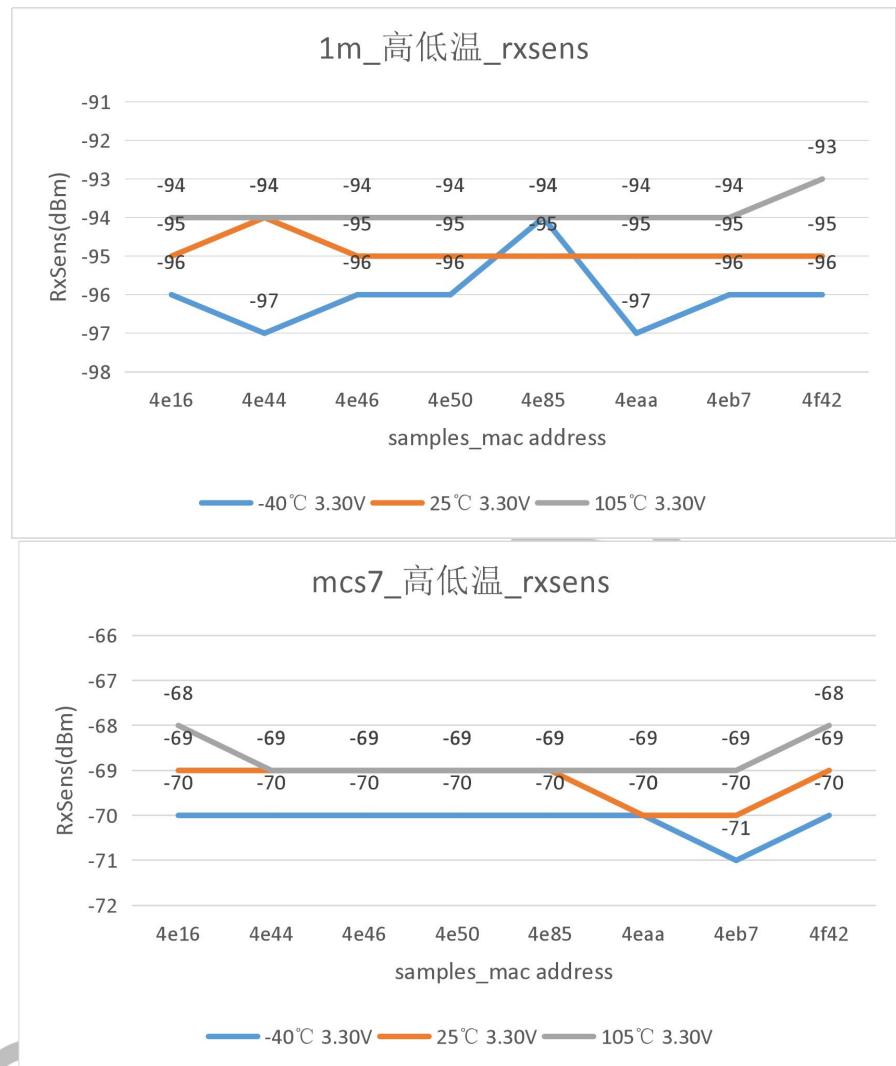
- 相同温度下，RxSens 随着电压变化无明显差异，最大波动 1dB，如下图以 25 °C 为例。

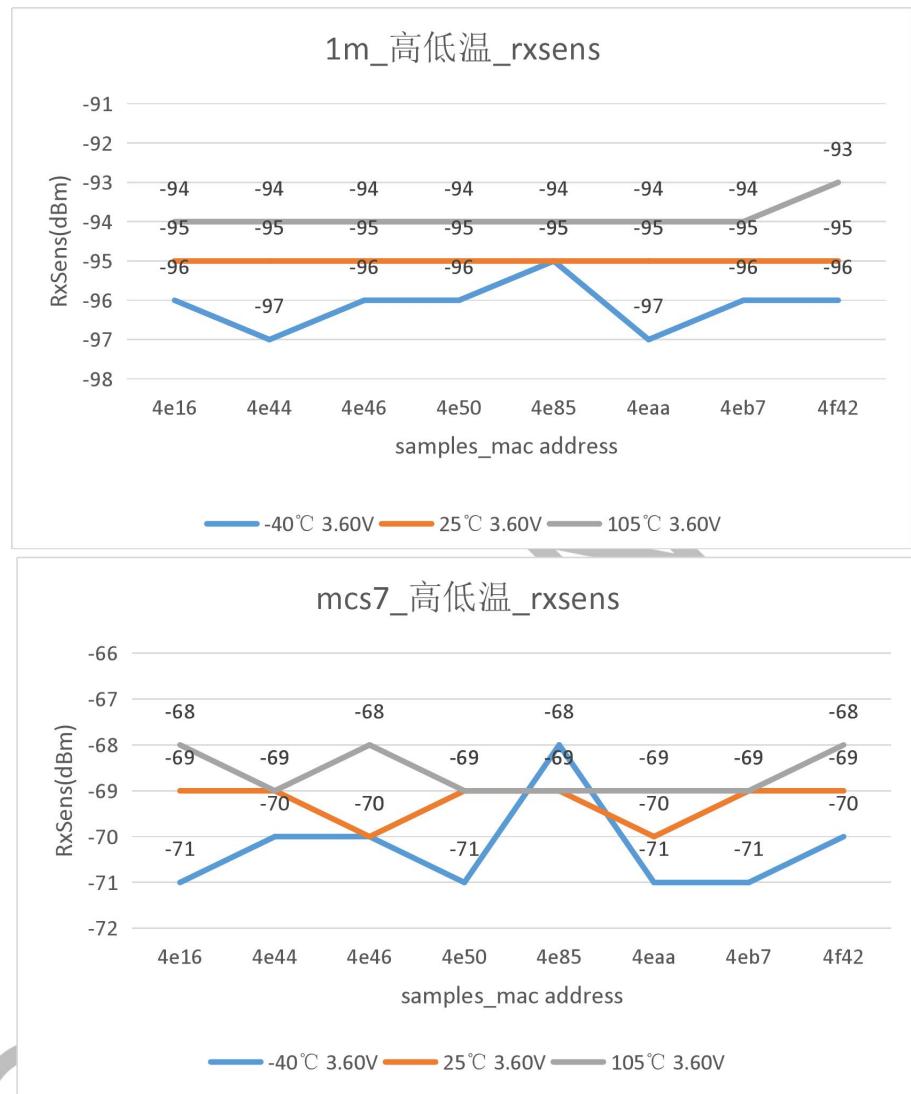




- 相同电压下，1m 下，105°C RxSens 比 25°C 差 1dB，-40°C 比 25°C 好 1 dB。在 MCS7 下也存在这样的趋势，但现象没有 1m 那么明显。









13.4 TX 电流测试

- 最大电流测试结果如下，相同温度下，电流从低压到高压，提高 30mA 左右；在 2.7v 下，低温电流比常温高 10mA， 在 3.3v 和 3.6 v 下，低温电流比常温高 20 mA 左右。

Max(mA)	2.7v	3.3v	3.6v
-40D	311.39	332.86	344.51
25D	291.29	313.73	321.35
105D	299.77	316.89	325.74