



Bryan Sun

Sales and Marketing

摘要

AWR2x44x 系列 SoC 专为 ADAS 毫米波雷达设计，面对温度漂移、器件老化及电磁干扰等挑战，系统引入了运行时校准与实时监测机制。运行时校准可动态补偿射频链路偏差，确保雷达在-40℃至 140℃范围内稳定工作；监测模块基于内置自检 (BIST) 持续跟踪关键指标，异常时及时告警。本文结合 AWR2944P OOB 示例，介绍相关 API 配置方法、耗时计算示例及参数设置注意事项，为雷达系统的可靠性设计提供参考。

内容

1 简介.....	2
2 基于 AWR2x44x 系列的实时校准和监测.....	3
2.1 AWR2944P OOB 示例运行时校准 和监测实现.....	3
2.2 校准和监测的耗时.....	5
2.3 监测功能执行顺序.....	7
2.4 监测项对干扰的影响.....	8
2.5 参数设置时的注意事项.....	8
2.6 计算的示例.....	9
3 总结.....	10
4 参考文献.....	10

插图清单

图 2-1. 运行时校准耗时.....	5
图 2-2. 模拟部分监测耗时.....	6
图 2-3. 数字部分监测耗时.....	6
图 2-4. 其它软件耗时.....	7
图 2-5. 监测功能执行顺序.....	7
图 2-6. 监测功能的干扰类型.....	8

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

毫米波雷达作为高阶自动驾驶和智能感知的核心传感器，其性能稳定性直接关系到系统的可靠性。然而，雷达芯片在实际工作中会面临复杂的工况挑战：一方面，环境温湿度变化、器件老化等因素会导致射频链路增益、相位等参数发生漂移，进而影响探测精度；另一方面，车载场景中的振动、电磁干扰等不确定因素也可能引发性能劣化。若缺乏有效的校准与监测机制，雷达可能出现目标漏检、误报甚至功能失效，严重威胁行车安全。

为此，毫米波雷达系统需引入运行时校准与监测技术。通过实时采集芯片内部温度、电压等参数，结合预设的校准算法动态补偿链路偏差，可确保雷达在 -40°C 至 140°C 的温度范围内维持稳定的探测性能。同时，基于内置自检 (BIST) 机制的监测模块会持续跟踪关键指标 (如信噪比、杂散水平)，一旦发现异常 (如温度突变导致的相位误差超限)，立即触发告警并上报至系统控制器，为雷达系统稳定提供底层保障。

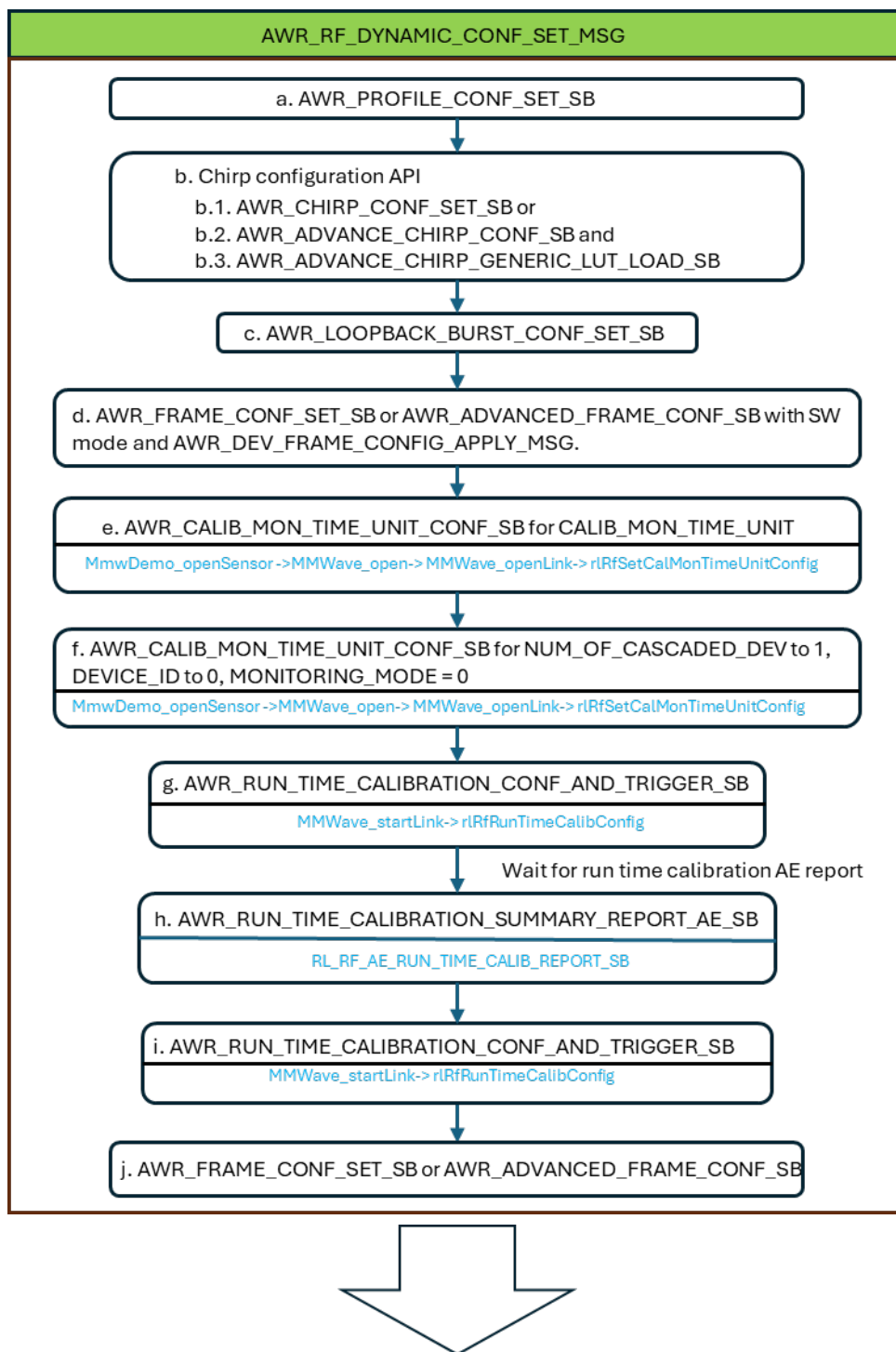
2 基于 AWR2x44x 系列的实时校准和监测

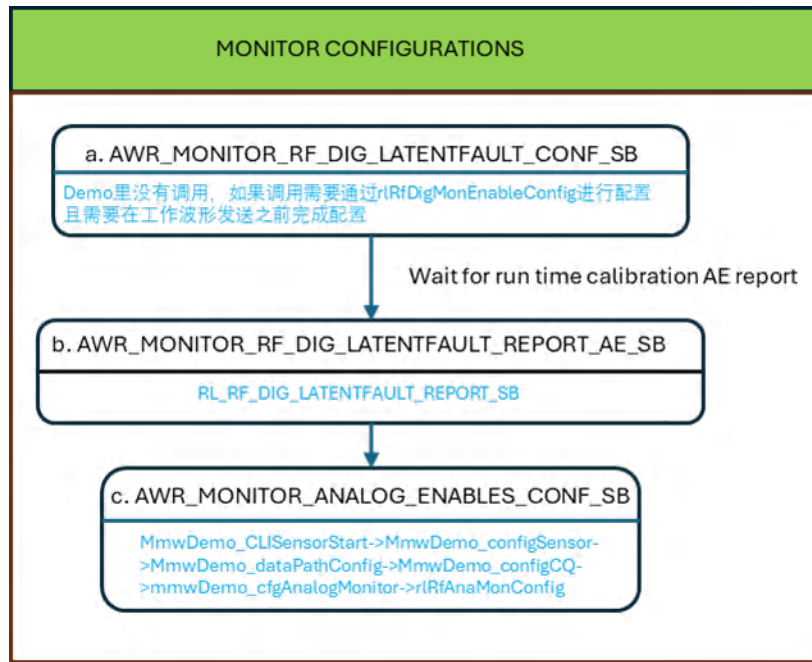
2.1 AWR2944P OOB 示例运行时校准 和监测实现

2.1.1 API 及相关含义

- a. AWR_CALIB_MON_TIME_UNIT_CONF_SB 配置运行时校准/监测周期
 - a.1 CALIB_MON_TIME_UNIT 用来配置完成运行时校准/监测最小的周期单位，为帧周期的整数倍
 - a.2 NUM_OF_CASCADEDEV 配置级联数，本文描述范围为 1
 - a.3 DEVICE_ID 本文描述范围为 0
 - a.4 MONITORING_MODE 本文描述范围为 0(默认配置)
- b. AWR_RUN_TIME_CALIBRATION_CONF_AND_TRIGGER_SB 配置一次性校准以及运行时校准
 - b.1 ONE_TIME_CALIB_ENABLE_MASK：根据标志位触发一次相应的校准选项。如果前面还有其它的校准在执行，会在完成前面的校准后进行校准。校准在异步事件发出后开始的帧进行生效
 - b.2 PERIODIC_CALIB_ENABLE_MASK：周期执行相应校准选项的校准项，
 - b.3 CALIBRATION_PERIODICITY：校准的周期，需要 ≥ 1 S，校准周期的单位是监测周期，校准结果如 b.1
 - b.4 ENABLE_CAL_REPORT：控制校准结果是否异步事件上报
 - b.5 TX_POWER_CAL_MODE：发射功率的校准模式
 - b.6 CAL_TEMP_INDEX_OVERRIDE_ENABLE：配置对应的校准项根据指定的温度校准值覆盖原来芯片内部根据温度自动获取的校准值。
 - b.7 CAL_TEMP_INDEX_TX 发射模块对应不同温度的校准值
 - b.8 CAL_TEMP_INDEX_RX 接收模块对应不同温度的校准值
 - b.9 CAL_TEMP_INDEX_LODIST LODIST 对应不同温度的校准值
 - b.10 CAL_TEMP_INDEX_TXPHASE 发射相位对应不同温度的校准值
- c. AWR_RUN_TIME_CALIBRATION_SUMMARY_REPORT_AE_SB 运行时校准结果的异步事件。
 - c.1 CALIBRATION_ERROR_FLAG 每一位对应校准项的校准结果，1 代表通过，0 代表失败
 - c.2 CALIBRATION_UPDATE_STATUS 每一位对应校准项的是否更新，1 代表更新了，0 代表没有更新
 - c.3 TEMPERATURE 校准温度
 - c.4 TIME_STAMP 校准的时间戳
- d. AWR_MONITOR_RF_DIG_LATENTFAULT_CONF_SB 用来配置检测射频前端的数字部分是否存在潜在故障，通常在 framing 之前完成因为需要发射芯片内置的特定波形。
 - d.1 DIG_MONITORING_ENABLES 对应的数字部分检测项
 - d.2 TEST_MODE 检测模式
- e. AWR_MONITOR_RF_DIG_PERIODIC_CONF_SB 用来配置周期性监测射频前端数字部分是否正常。
 - e.1 REPORTING_MODE 0 为周期上报，1 为仅在异常时上报
 - e.2 PERIODIC_DIG_MON_EN 对应的数字部分检测项
- f. AWR_MONITOR_ANALOG_ENABLES_CONF_SB 用来监测所有模拟部分工作是否正常，并在一个 CALIB_MON_TIME_UNIT 时间内完成。

2.1.2 AWR2x44P 实时校准和监测流程





2.2 校准和监测的耗时

2.2.1 FTTI 解释

FTTI 可以理解为监测+校准周期全部完成的时间，在此时不会影响正常收发，里面分两部分：

- a. CALIB_MON_TIME_UNIT，1 LSB = Duration of one frame。
- b. CALIBRATION_PERIODICITY，1 LSB = 1 CALIB_MON_TIME_UNIT。

总时间通常由 CALIB_MON_TIME_UNIT 来组成。

2.2.2 运行时校准耗时

Sl. No.	Calibration	Total Duration (μ s)	Total Critical Time (μ s)
1	APLL	150	145
2	Synth VCO	300	290
3	LO DIST	30	0
4	Peak detector	600	580
5	TX power CLPC (for each TX and for 1 profile)	720	580
6	TX power OLPC (In case CLPC is disabled)	30	0
7	RX gain	30	0
8	TX phase	700	0
9	Application of calibration to hardware (This needs to be included always)	60	60

图 2-1. 运行时校准耗时

2.2.3 模拟部分监测耗时

Sl. No.	Monitors	Total Duration (μ s)	Total Critical Time (μ s)	Num of mon chirps
1	RX gain phase (assumes 1 RF frequency)	480	290	2
2	RX noise figure (assumes 1 RF frequency)	270	145	1
3a	RX IF stage (LPF monitor disabled)	750	580	4
3b	RX IF stage (LPF monitor enabled. Debug only)	2490	2320	16
4	TX power (assumes 1 TX, 1 RF frequency)	240	145	1
5	TX balbreak (assumes 1 TX)	250	145	1
6	TX gain phase mismatch (assumes 1 TX, 1 RF frequency)	310	130	1
7	TX phase shifter (assumes 1 TX and 1 phase)	300	130	1
8	Synthesizer frequency Live	50	0	0
9	TX Internal analog signals (assumes 1 TX)	230	130	1
10	TX Phase shifter DAC monitor	2650	2610	18
11	RX internal analog signals	670	520	4
12	PMCLKLO internal analog signals	250	145	1
13	GFADC internal signals	80	70	0
14	PLL control voltage (APLL and SYNTH)	230	200	0
15	Dual clock comparator	190	190	0
16	RX saturation detector	50	0	0
17	Synthesizer frequency Non-live monitor (Single VCO)	235	145	1
18	Temperature (Critical time is accounted in Software overheads)	150	100	0

图 2-2. 模拟部分监测耗时

2.2.4 数字部分监测耗时

Sl. No.	Monitors	Total Duration (μ s)	Total Critical Time (μ s)
1	Periodic configuration register readback	50	50
2	DFE LBIST monitoring	580	580
3	Frame timing monitoring	10	0

图 2-3. 数字部分监测耗时

2.2.5 其它软件耗时

Sl. No.	Software overhead	Total Duration (μ s)	Total Critical Time (μ s)
1	Periodic monitoring of stack usage	20	20
2	Minimum monitoring duration (report formation, digital energy monitor at the end of CALIB_MON_TIME_UNIT, temperature read every CALIB_MON_TIME_UNIT)	600	100
3	Minimum run time calibration duration (report formation, temperature read every CALIB_MON_TIME_UNIT)	300	100
4	Idle time needed per FTTI for windowed watchdog (WDT)	Frame period $\times$ CALIB_MON_TIME_UNIT/8 i.e. $\sim 12.5\%$ of Frame period $\times$ CALIB_MON_TIME_UNIT is reserved for watchdog clearing time	0

图 2-4. 其它软件耗时

2.3 监测功能执行顺序

当相应的监测标志位进行置位后会按照下面的顺序进行监测。

In xWR294x, xWR254x, xWR2x4xECO, xWR2x4xP, the enabled monitors are executed in the below order.

1. TEMPERATURE_MONITOR.
2. RX_GAIN_PHASE_MONITOR.
3. RX_IFSTAGE_MONITOR.
4. SYNTH_FREQ_MONITOR_NON_LIVE.
5. INTERNAL_RX_SIGNALS_MONITOR.
6. INTERNAL_PMCLKLO_SIGNALS_MONITOR.
7. INTERNAL_GPADC_SIGNALS_MONITOR.
8. PLL_CONTROL_VOLTAGE_MONITOR.
9. DCC_CLOCK_FREQ_MONITOR.
10. RX_SATURATION_DETECTOR_MONITOR.
11. TX_PHASE_SHIFTER_DAC_MONITOR.
12. TX0_POWER_MONITOR.
13. TX1_POWER_MONITOR.
14. TX2_POWER_MONITOR.
15. TX3_POWER_MONITOR.
16. TX0_BALLBREAK_MONITOR.
17. TX1_BALLBREAK_MONITOR.
18. TX2_BALLBREAK_MONITOR.
19. TX3_BALLBREAK_MONITOR.
20. INTERNAL_TX0_SIGNALS_MONITOR.
21. INTERNAL_TX1_SIGNALS_MONITOR.
22. INTERNAL_TX2_SIGNALS_MONITOR.
23. INTERNAL_TX3_SIGNALS_MONITOR.
24. TX_GAIN_PHASE_MISMATCH_MONITOR.
25. TX0_PHASE_SHIFTER_MONITOR.
26. TX1_PHASE_SHIFTER_MONITOR.
27. TX2_PHASE_SHIFTER_MONITOR.
28. TX3_PHASE_SHIFTER_MONITOR.

图 2-5. 监测功能执行顺序

2.4 监测项对干扰的影响

按照监测项是否会被干扰分成 3 类:

Type0：不发波，不会对别的雷达造成干扰。

Type1：发波但是不接收，此时干扰对雷达的影响小，但是会影响其它打开接收的雷达。

Type2：发波和接收都打开，此时会收到干扰。

Monitor Type	Monitors																																				
Type 0	The run time digital monitors in AWR_MONITOR_RF_DIG_PERIODIC_CONF_SB <table> <tr> <th>Bit</th><th>Definition</th></tr> <tr> <td>b0</td><td>PERIODIC_CONFIG_REGISTER_READ_EN</td></tr> <tr> <td>b2</td><td>DFE_STC_EN</td></tr> <tr> <td>b3</td><td>FRAME_TIMING_MONITORING_EN</td></tr> </table> The analog monitors in AWR_MONITOR_ANALOG_ENABLES_CONF_SB <table> <tr> <th>Bit</th><th>Definition</th></tr> <tr> <td>b0</td><td>TEMPERATURE_MONITOR</td></tr> <tr> <td>b1</td><td>RX_GAIN_PHASE_MONITOR</td></tr> <tr> <td>b2</td><td>RX_NOISE_FIGURE_MONITOR</td></tr> <tr> <td>b3</td><td>RX_IFSTAGE_MONITOR</td></tr> <tr> <td>b14</td><td>SYNTH_FREQ_MONITOR</td></tr> <tr> <td>b15</td><td>EXTERNAL_ANALOG_SIGNALS_MONITOR</td></tr> <tr> <td>b19</td><td>INTERNAL_RX_SIGNALS_MONITOR</td></tr> <tr> <td>b20</td><td>INTERNAL_PMCLKLO_SIGNALS_MONITOR</td></tr> <tr> <td>b21</td><td>INTERNAL_GPADC_SIGNALS_MONITOR</td></tr> <tr> <td>b22</td><td>PLL_CONTROL_VOLTAGE_MONITOR</td></tr> <tr> <td>b23</td><td>DCC_CLOCK_FREQ_MONITOR</td></tr> <tr> <td>b24</td><td>RX_SATURATION_DETECTOR_MONITOR</td></tr> <tr> <td>b25</td><td>RX_SIG_IMG_BAND_MONITOR</td></tr> </table>	Bit	Definition	b0	PERIODIC_CONFIG_REGISTER_READ_EN	b2	DFE_STC_EN	b3	FRAME_TIMING_MONITORING_EN	Bit	Definition	b0	TEMPERATURE_MONITOR	b1	RX_GAIN_PHASE_MONITOR	b2	RX_NOISE_FIGURE_MONITOR	b3	RX_IFSTAGE_MONITOR	b14	SYNTH_FREQ_MONITOR	b15	EXTERNAL_ANALOG_SIGNALS_MONITOR	b19	INTERNAL_RX_SIGNALS_MONITOR	b20	INTERNAL_PMCLKLO_SIGNALS_MONITOR	b21	INTERNAL_GPADC_SIGNALS_MONITOR	b22	PLL_CONTROL_VOLTAGE_MONITOR	b23	DCC_CLOCK_FREQ_MONITOR	b24	RX_SATURATION_DETECTOR_MONITOR	b25	RX_SIG_IMG_BAND_MONITOR
Bit	Definition																																				
b0	PERIODIC_CONFIG_REGISTER_READ_EN																																				
b2	DFE_STC_EN																																				
b3	FRAME_TIMING_MONITORING_EN																																				
Bit	Definition																																				
b0	TEMPERATURE_MONITOR																																				
b1	RX_GAIN_PHASE_MONITOR																																				
b2	RX_NOISE_FIGURE_MONITOR																																				
b3	RX_IFSTAGE_MONITOR																																				
b14	SYNTH_FREQ_MONITOR																																				
b15	EXTERNAL_ANALOG_SIGNALS_MONITOR																																				
b19	INTERNAL_RX_SIGNALS_MONITOR																																				
b20	INTERNAL_PMCLKLO_SIGNALS_MONITOR																																				
b21	INTERNAL_GPADC_SIGNALS_MONITOR																																				
b22	PLL_CONTROL_VOLTAGE_MONITOR																																				
b23	DCC_CLOCK_FREQ_MONITOR																																				
b24	RX_SATURATION_DETECTOR_MONITOR																																				
b25	RX_SIG_IMG_BAND_MONITOR																																				
Type 1	The analog monitors in AWR_MONITOR_ANALOG_ENABLES_CONF_SB <table> <tr> <th>Bit</th><th>Definition</th></tr> <tr> <td>b4</td><td>TX0_POWER_MONITOR</td></tr> <tr> <td>b5</td><td>TX1_POWER_MONITOR</td></tr> <tr> <td>b6</td><td>TX2_POWER_MONITOR</td></tr> <tr> <td>b7</td><td>TX0_BALLBREAK_MONITOR</td></tr> <tr> <td>b8</td><td>TX1_BALLBREAK_MONITOR</td></tr> <tr> <td>b9</td><td>TX2_BALLBREAK_MONITOR</td></tr> <tr> <td>b16</td><td>INTERNAL_TX0_SIGNALS_MONITOR</td></tr> <tr> <td>b17</td><td>INTERNAL_TX1_SIGNALS_MONITOR</td></tr> <tr> <td>b18</td><td>INTERNAL_TX2_SIGNALS_MONITOR</td></tr> </table>	Bit	Definition	b4	TX0_POWER_MONITOR	b5	TX1_POWER_MONITOR	b6	TX2_POWER_MONITOR	b7	TX0_BALLBREAK_MONITOR	b8	TX1_BALLBREAK_MONITOR	b9	TX2_BALLBREAK_MONITOR	b16	INTERNAL_TX0_SIGNALS_MONITOR	b17	INTERNAL_TX1_SIGNALS_MONITOR	b18	INTERNAL_TX2_SIGNALS_MONITOR																
Bit	Definition																																				
b4	TX0_POWER_MONITOR																																				
b5	TX1_POWER_MONITOR																																				
b6	TX2_POWER_MONITOR																																				
b7	TX0_BALLBREAK_MONITOR																																				
b8	TX1_BALLBREAK_MONITOR																																				
b9	TX2_BALLBREAK_MONITOR																																				
b16	INTERNAL_TX0_SIGNALS_MONITOR																																				
b17	INTERNAL_TX1_SIGNALS_MONITOR																																				
b18	INTERNAL_TX2_SIGNALS_MONITOR																																				
Type 2	The analog monitors in AWR_MONITOR_ANALOG_ENABLES_CONF_SB <table> <tr> <th>Bit</th><th>Definition</th></tr> <tr> <td>b10</td><td>TX_GAIN_PHASE_MISMATCH_MONITOR</td></tr> <tr> <td>b11</td><td>TX0_PHASE_SHIFTER_MONITOR</td></tr> <tr> <td>b12</td><td>TX1_PHASE_SHIFTER_MONITOR</td></tr> <tr> <td>b13</td><td>TX2_PHASE_SHIFTER_MONITOR</td></tr> <tr> <td>b26</td><td>RX_MIXER_INPUT_POWER_MONITOR</td></tr> </table>	Bit	Definition	b10	TX_GAIN_PHASE_MISMATCH_MONITOR	b11	TX0_PHASE_SHIFTER_MONITOR	b12	TX1_PHASE_SHIFTER_MONITOR	b13	TX2_PHASE_SHIFTER_MONITOR	b26	RX_MIXER_INPUT_POWER_MONITOR																								
Bit	Definition																																				
b10	TX_GAIN_PHASE_MISMATCH_MONITOR																																				
b11	TX0_PHASE_SHIFTER_MONITOR																																				
b12	TX1_PHASE_SHIFTER_MONITOR																																				
b13	TX2_PHASE_SHIFTER_MONITOR																																				
b26	RX_MIXER_INPUT_POWER_MONITOR																																				

图 2-6. 监测功能的干扰类型

2.5 参数设置时的注意事项

- 校准周期的时间需要大于 1s。
- CALIB_MON_TIME_UNIT 通常对应的实际时间在 40~250ms。
- 虽然 APLL 和 SYNTH 按照 1s 的周期内部进行校准无法外部配置，但是校准需要的耗时需要同步考虑。
- 当 inter-burst/sub frame idle time >250us 时会执行校准。
- 要保证校准以及监测项在校准/监测的周期内完成。
- CAL_TEMP_INDEX_OVERRIDE_ENABLE 里面使能了任何一位进行 override，则 AWR_RF_INIT_SB 不能再进行调用，会导致 override 失效。

- 可以在 framing (雷达以帧周期方式正常收发) 中进行
AWR_RUN_TIME_CALIBRATION_CONF_AND_TRIGGER_SB 配置, 校准周期也会同步更新。
- 当 RSS dynamic frequency switch 开启时 FRAME_TIMING_MONITORING_EN 不能使用。

2.6 计算的示例

2.6.1 校准耗时设置的示例

波形配置为 DDMA, 使用 2Tx, 4Rx, 3 个 profile, CLPC 模式, frame 为 50ms, chirp 周期为: 66us, chirp number 为 384, CALIB_MON_TIME_UNIT 为 2, 使能全部校准项但是监测项不使能:

$$\text{Duty cycle} = 66\mu\text{s} \times 384 / 50\text{ms} = 50.68\%$$

$$\text{Idle time per frame} = 50\text{ms} - 66\mu\text{s} \times 384 = 24.65\text{ms}$$

$$\text{Idle time available per frame} = 24.65\text{ms} - 100\mu\text{s} = 23.65\text{ms}$$

使能所有 运行时校准项。

根据 图 2-1 运行时校准耗时可得:

$$150 + 300 + 30 + 600 + (720 \times 2 \times 3) + 30 + 700 \times 2 + 60 = 6890 \text{ us}$$

图 2-4 其它软件耗时:

$$20 + 600 + 300 + (50000 \times 2/8) = 13420\mu\text{s}$$

每个 FTTI 的总耗时: 运行时校准耗时+ 其它软件耗时:

$$6890\mu\text{s} + 13420\mu\text{s} = 20.31\text{ms}$$

分析: 总的可用校准时间: $23.65 \times 2 = 47.3\text{ms} > 20.31\text{ms}$, 同时 CALIB_MON_TIME_UNIT 对应的实际时间为 100ms 符合 40~250ms 要求。所以此配置可以生效。因为校准周期需要满足 1s 的需求, 所以 CALIB_MON_TIME_UNIT 需要设置为 10。

2.6.2 监测+校准耗时设置的示例

波形配置为 DDMA, 使用 2Tx, 4Rx, 3 个 profile, CLPC 模式, frame 为 50ms, chirp 为: 66us, chirp number 为 384, CALIB_MON_TIME_UNIT 为 2, 使能全部校准项和监测项:

$$\text{Duty cycle} = 66\mu\text{s} \times 384 / 50\text{ms} = 50.68\%$$

$$\text{Idle time per frame} = 50\text{ms} - 66\mu\text{s} \times 384 = 24.65\text{ms}$$

$$\text{Idle time available per frame} = 24.65\text{ms} - 100\mu\text{s} = 23.65\text{ms}$$

根据 图 2-1 运行时校准耗时可得:

$$150 + 300 + 30 + 600 + (720 \times 2 \times 3) + 30 + 700 \times 2 + 60 = 6890 \text{ us}$$

图 2-2 模拟部分监测耗时:

$$(480 \times 3) + (270 \times 3) + (750 \times 3) + (240 \times 2 \times 3) + (250 \times 2) + (310 \times 2 \times 3) + (300 \times 2 \times 4) + 50 + (230 \times 2) + (2650 \times 2) + 670 + 250 + 80 + 230 + 190 + 50 + 150 = 18130 \text{ us}$$

图 2-4 其它软件开销耗时:

$$20 + 600 + 300 + (50000 \times 2/8) = 13420\mu\text{s}$$

每个 FTTI 的总耗时: $13420\mu\text{s} + 6890\mu\text{s} + 18130\mu\text{s} = 38.44\text{ms}$

分析: 总的可用校准时间: $23.65 \times 2 = 47.3\text{ms} > 38.44\text{ms}$, 同时 CALIB_MON_TIME_UNIT 对应的实际时间为 100ms 符合 40~250ms 要求。所以此配置可以生效。因为校准周期需要满足 1s 的需求, 所以 CALIB_MON_TIME_UNIT 需要设置为 10。

3 总结

AWR2x44x 系列毫米波雷达 SoC 通过引入运行时校准与实时监测机制，有效应对温度漂移、器件老化及电磁干扰等挑战，确保雷达系统在全生命周期内稳定可靠运行。设计时需合理配置`CALIB\_MON\_TIME\_UNIT`、校准周期等关键参数，保证所有校准与监测任务在 FTTI 周期内完成。结合 AWR2944P 示例，本文为工程师提供了实用的 API 配置方法与耗时计算指导。

4 参考文献

1. [AWR2943/AWR2944 Single-Chip 76 to 81GHz FMCW Radar Sensor datasheet \(Rev. E\)](#)
2. [Self-Calibration in TI's mmWave Radar Devices](#)
3. [mmWave Radar Interface Control Document](#)

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月