

CMT2310A射频参数配置指南

概要

本文介绍 CMT2310A RFPDK 的射频，OOK 解调，和 FSK 解调的参数配置。

本文档涵盖的产品型号如下表所示。

表 1. 本文档涵盖的产品型号

产品型号	工作频率	调制方式	主要功能	配置方式	封装
CMT2310A	117 - 1050 MHz	(4)(G)FSK/OOK	收发一体机	寄存器	QFN24

阅读此文档之前，建议阅读 《AN237 CMT2310A 快速上手指南》 以了解 CMT2310A 的基本使用方式。

目 录

1. Tx 与 Rx 参数配置	3
1.1 基本参数配置	3
1.2 OOK 解调配置	4
1.3 FSK 解调配置	5
1.4 CDR 的设计指标和模式选择.....	5
1.5 发射区寄存器的归类和使用	10
2. 文档变更记录	11
3. 联系方式.....	12

1. Tx 与 Rx 参数配置

1.1 基本参数配置

图 1. 射频配置参数界面

以上参数对应的寄存器储存在频率区，数据率区，和发射区内，需要经过复杂的计算得到，用户无需理解计算过程以及寄存器的具体含义。

RFPDK 界面参数较为通俗易懂，下面重点阐述配置时需特别关注的配置项。

● 关于 Deviation 的选择

对 2(G)FSK 来说，Deviation 指“0”或“1”的频点到中心频点的距离。

对 4(G)FSK 来说，Deviation 指靠外面的频点到中心频点的距离。

对 2(G)FSK 来说，建议配置 Deviation 时满足以下 3 点：

1. $\text{Deviation} < 400 \text{ kHz}$ ，且 $\text{Data Rate} * 0.50 + \text{Deviation} \leq 400 \text{ kHz}$ ；
2. $\text{Data Rate} * 0.25 \leq \text{Deviation}$ ，即调制指数不能小于 0.5（MSK）；
3. 在满足 1 和 2 的情况下，若能满足 $\text{Data Rate} * 0.5 \leq \text{Deviation} \leq \text{Data Rate} * 2$ ，即可达到最佳灵敏度。

对 4(G)FSK 来说，建议配置 Deviation 时满足以下 3 点：

1. $\text{Deviation} < 400 \text{ kHz}$ ，且 $\text{Data Rate} * 0.25 + \text{Deviation} \leq 400 \text{ kHz}$ ；
2. $\text{Data Rate} * 0.125 \leq \text{Deviation}$ ；
3. 在满足 1 和 2 的情况下，若能满足 $\text{Data Rate} * 0.25 \leq \text{Deviation} \leq \text{Data Rate} * 2$ ，即可达到最佳灵敏度。

● 关于晶体 PPM 的选择

界面上要求用户分别输入 Tx 和 Rx 的晶体容差值，如果分别输入 +/-20 ppm，就意味着在发射机和接收机之间，最坏的情况是晶体频率相差 40 ppm；用户需考虑这种最坏的情况，来设置好这两个容差值，

此项配置会影响接收机内部的各个带宽设置。

● 关于 TRX 匹配网络类型的选择：

根据使用的最高功率(13dBm 或 20dBm)来选择对应的匹配网络类型，有利于优化功率放大器效率，减小发射电流。

1.2 OOK 解调配置

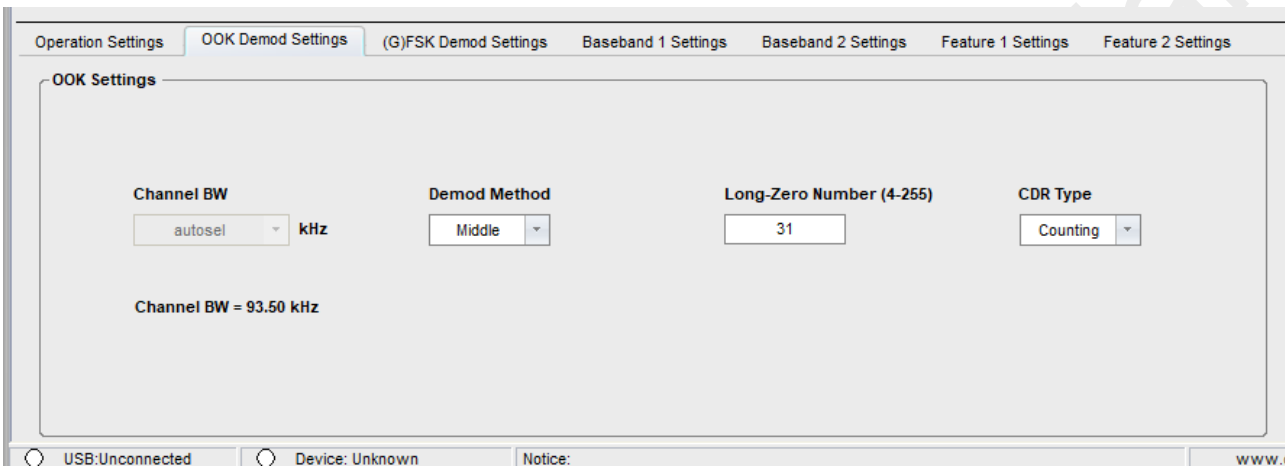


图 2. OOK 配置参数界面

以下为 OOK 解调配置建议。

表 2. OOK 参数配置建议

RFPDK 输入参数	配置建议
Demod Method	<p>Middle 的解调响应速度快，优点是每次通讯开始后都能够立即正确解调；其缺点是，如果数据包中有尖峰突变（幅度突然短暂变大），会影响后续一段时间的解调。</p> <p>Average 的解调响应速度慢，缺点是每次通讯开始后都需要一段时间才能够解调正确（通常为 10-20 个 symbol）；其优点是，如果数据包中有尖峰突变（幅度突然短暂变大），解调效果不会受影响。</p> <p>根据使用经验，尖峰突变只有在某些特殊应用才会存在，例如使用给芯片供电的交流转直流的电源性能不理想，除此以外通常建议使用 Middle 解调方法，这样可以加快解调速度，减少接收时间。</p>
Long-Zero Number	<p>用户需要输入此数值，告诉接收机在数据包当中最长有多少个连续的 0。接收机会调制相关的参数，来保证最佳解调效果。</p>

1.3 FSK 解调配置

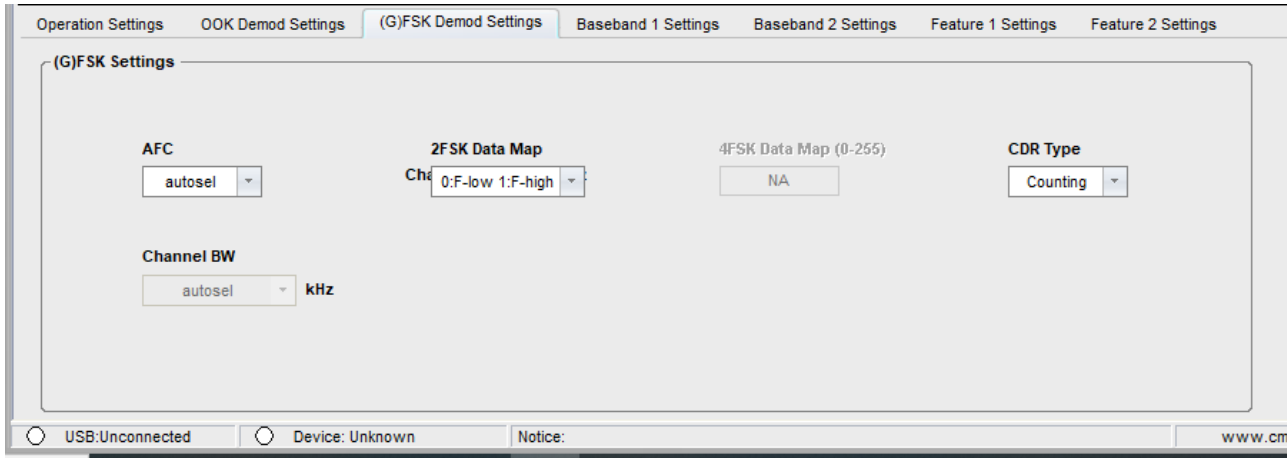


图 3. FSK 配置参数界面

以下为 FSK 解调配置建议。

表 3. FSK 参数配置建议

RFPDK 输入参数	配置建议
AFC	AFC 的开关，通常建议选择打开
CDR Type	在 packet 模式下，需检测 preamble 或 sync，数据率时钟恢复的功能必须打开，后面的章节将详细介绍如何使用 CDR。
CDR DR Range	在 Tracing 模式下，CDR 可跟踪的 symbol 长度的最大偏差范围。
2FSK Data Map	选择 2FSK 的两个频点，哪一个代表 0，哪一个代表 1，通常选择默认配置。
4FSK Data Map	[7:6]位代表最高频点代表的值， [5:4]位代表次高频点代表的值； [3:2]位代表次低频点代表的值， [1:0]位代表最低频点代表的值。

1.4 CDR 的设计指标和模式选择

对应的 RFPDK 的界面和参数如下。

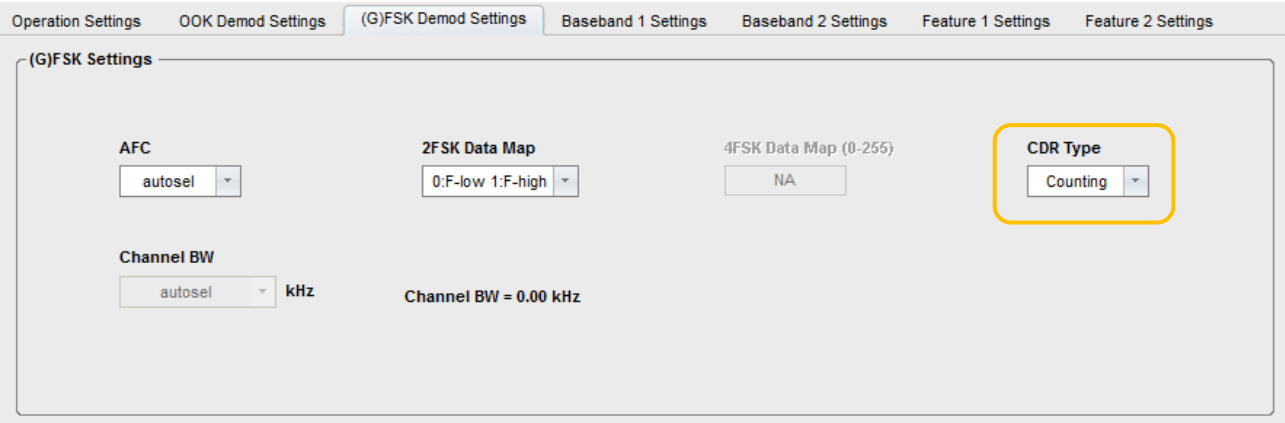


图 4. CDR 配置参数界面

以下为 CDR 相关配置建议。

表 4. CDR 参数配置建议

寄存器比特 RFPDK 参数	寄存器比特
CDR Type	CDR_MODE<1:0>
CDR DR Range	CDR_RANGE_SEL<1:0>
RFPDK 综合其它配置自动选择，用户无需选择	CDR_DET_SEL
RFPDK 综合其它配置自动选择，用户无需选择	CDR_AVG_SEL<2:0>
RFPDK 综合其它配置自动选择，用户无需选择	CDR_3RD_EN
RFPDK 综合其它配置自动选择，用户无需选择	CDR_4TH_EN
RFPDK 综合其它配置自动选择，用户无需选择	CDR_BR_TH<15:8>

相关寄存器的内容描述如下表所示。

表 5. CDR 相关寄存器描述

寄存器名	位数	R/W	比特名	功能说明
CUS_CDR1 (0x2B)	6:4	RW	CDR_AVG_SEL<2:0>	在 Tracing 模式下，CDR 输出的平均滤波阶数： 0: 6/8 1: 1/2 2: 6/16 3: 1/4 4: 11/64 5: 1/8 6: 3/32 7: 1/16
	3:2	RW	CDR_RANGE_SEL<1:0>	在 Tracing 模式下，CDR 可跟踪的 symbol 长度的最大偏差范围： 0: +/-6.3%（数据率范围-5.9%到+6.7%） 1: +/-9.4%（数据率范围-8.6%到+10.4%） 2: +/-12.5%（数据率范围-11.1%到+14.3%） 3: +/-15.6%（数据率范围-13.5%到+18.5%）
	1:0	RW	CDR_MODE<1:0>	CDR 的工作模式选择： 0: tracing 1: counting 2: manchester 3: no cdr 下文将会详细介绍。
CUS_CDR2 (0x2C)	7	RW	CDR_DET_SEL	在 tracing 模式下，选择检测数据率的方式： 0: 方式 0 1: 方式 1 默认选择方式 1，用户无需理解这个比特。
	6	RW	CDR_3RD_EN	在 tracing 模式下，使能连续 3 个 symbol 无跳转时的数据率检测： 0: 不使能 1: 使能
	5	RW	CDR_4TH_EN	在 tracing 模式下，使能连续 4 个 symbol 无跳转时的数据率检测： 0: 不使能 1: 使能
CUS_CDR3 (0x2D)	7:0	RW	CDR_BR_TH<7:0>	在 tracing 模式下，CDR 需要使用的阈值，其计算方式是：TH = 晶体频率/数据率。 例如数据率为 15 kHz，晶体频率为 32 Mhz，求出的结果经四舍五入后为 2133。
CUS_CDR4 (0x2E)	7:0	RW	CDR_BR_TH<15:8>	

CMT2310A 的时钟恢复相关参数，均存放在数据率区，通过 RFPDK 自动进行配置，用户如果无特殊需求，不需要去详细理解上表介绍的寄存器内容。以下将介绍时钟恢复的设计指标和模式选择方法。下文时钟恢复简称为 CDR。

一个 CDR 系统的基本任务是在接收数据的同时，恢复出与数据率同步的时钟信号，既在芯片内部用于解码，也可以输出到 GPIO 给用户用于采样数据。所以，CDR 的任务很简单也很重要，如果恢复出来的时钟频率跟实际传输的数据率有误差，就会在接收时造成数据采集错误，出现误码，以及解码出错。

实际上，应用环境并不会十分理想。一般来说，系统工作的时候会存在两种情况。

1. TX 和 RX 配置的数据率是对准的，或者误差小到几万分之一或者几千分之一，这种情况通常是因为 TX 和 RX 双方的配置和计算数据率的机制都比较高级，例如使用的是各种中高端 TRX 的产品。
2. RX 和 RX 配置的数据率有较大偏差，例如几百分之一到几十分之一。

同时，CDR 有 3 个重要的指标：

1. 可以在数据无翻转（即一直接收 0 或者一直接收 1）的情况下，可以正确采集多长的数据。
2. 可以容忍 TX 和 RX 之间存在多大的数据率偏差。
3. 能否改善灵敏度，减少误码。

综合考虑这 2 种应用情况和 3 个指标，CMT2310A 内部设计了三套 CDR 系统，具体如下。

COUNTING 系统

如果数据率 100%对准，可以连续接收无限个长 0 都不会出错。但是如果有偏差，偏差在数据无翻转的时候会有累积效应，例如一个 symbol 偏差了 5%，那么连续 10 个 symbol 无翻转之后，偏差会累积到超过 50%，就会出现采样出错，其原理与 UART 传输类似；一旦信号出现翻转，此偏差会清零，重新开始累积。所以，在偏差非常微小时，比如 1/5000，如果可以连续接收 2500 个 symbol 的无翻转数据而不出错，可以认为是较好的性能。

TRACING 系统

此系统针对数据率偏差比较大的情况设计，它具有追踪功能，可以自动探测出 TX 发射过来的数据率，并同时快速地调整 RX 本地的数据率，尽量减小两者之间的误差。此系统可承受的偏差范围可以达到 15.6%，是业界同类产品中较为优良的性能。另一方面，此系统的工作效果取决于本地数据率调整的精度。因晶体频率固定在 32MHz，所以数据率越高，调整的精度就越低；一般认为在 50kHz 以下，精度会比较高，可以连续接收比较多的长无翻转数据都不会出错，即数据率越低，正确采样的数据越长，实际 symbol 数要根据实测而定；当超过 50kHz 时，能够正确采样的无翻转数据会越来越少，到 250kHz 时，因精度很低，可能只能正确采样 2-3 个 byte 的无翻转数据。

MANCHESTER 系统

此系统由 COUNTER 系统变化出来的，其基本特性是相同的，唯一的区别是，该系统专门为了曼切斯特编解码而设计，在 TX 数据率有突发变化的情况下，可以做特殊处理。一种常见的突变情况为，TX 数据在经过曼切斯特编码后，有时会出现连续两个 0 或者 1 的模式，如果其中有一个 0 或者 1 的 symbol 突然变长并超过 50%，那么 RX 侧有可能会采样到 3 个 0 或者 1；如果突然变短并超过 50%，会出现只采样到 1 个 0 或者 1。为了应对这种特殊情况，在此时钟恢复系统里，如果探测到接收数据中出现 3 个或超过 3 个 symbol 无翻转，采样会停止。这样可以避免 symbol 突然变长时产生的误码。另一方面，如出现 symbol 突然变短的情况，这往往在当前应用中是有共性的，用户可以统一将 RX 侧的数据率调快一些，这样即使在 symbol 变短超过 50%的情况下，也可以正确采集。

● 如何选择合适的 CDR 系统

RFPDK 会根据数据率的配置来自动进行选择。数据率小于等于 50kHz 时, 选择使用 TRACING 系统, 既可以实现跟踪, 又可以正确采样很长的无翻转数据。当大于 50kHz 且小于 200kHz 时, 可以根据用户实际需要来设定, 如果偏向于忍受大的数据率误差, 可以使用 TRACING, 如果偏向于正确接收很长的无翻转数据, 可以使用 COUNTING。当大于 200kHz 时, TRACING 比 COUNTING 表现更好。当整个数据包都符合曼切斯特编码规律时 (即不会出现超过连续 2 个 symbol 无翻转), 并且在应用中会发现数据率突变的情况, 可以考虑使用 MANCHESTER。

另外, 无论是采用哪一种 CDR 系统, 开启之后都会比接收 RAW 数据提高 1-2dB 的灵敏度。

● 如何调试 TRACING 的参数

Tracing 的跟踪功能在数据每次翻转时都会进行一次, 因此最理想的情况是当数据包有 preamble 时, 每个 symbol 都会做一次调整, 这样可以达到最快跟踪速度。

下面将绍几个参数的调试方法。

● CDR_RANGE_SEL<1:0>

此参数选择可以跟踪的数据率偏差, 寄存器的内容给出的百分比不是数据率百分比, 而是一个 symbol 的长度的百分比。例如, 数据率是 10 kHz, 一个 symbol 长度是 100 ns, 那么 $\pm 15.6\%$ 指的是, TX 发射的 symbol 长度只要在 84.4 ns 到 115.6 ns 的范围内, RX 就可以检测到并将自己的 symbol 长度调整到与 TX 接近, 从而消除数据率的偏差。如果将它转化为数据率的百分比, 那么长度百分比 $\pm 15.6\%$ 可转化为数据率百分比 $\pm 13.5\%$, -15.6% 可转化为 -18.5% 。

用户可能会提出问题, 为何不直接选择最大的跟踪范围, 这是因为跟踪范围越大, 跟踪越不容易完成, 有可能会需要更长的时间, 所以建议用户根据实际应用需求来选择最合适的范围。

● CDR_3RD_EN, CDR_4TH_EN

这两个参数与 CDR_RANGE_SEL<1:0> 的选择相关联, 当选择 $\pm 15.6\%$ 时, 都不能使能; 当选择 $\pm 12.5\%$ 时, CDR_4TH_EN 不能使能, 其余情况都可以使能, 这里不做详细解释。

● CDR_AVG_SEL<2:0>

滤波系数越小, 带宽越窄, 数据率跟踪的速度越慢, 输出越平稳; 滤波系数越大, 带宽越宽, 跟踪速度越快, 输出越容易抖动, 这跟 PLL 的工作原理类似。通常我们希望跟踪速度尽量快 (例如在 preamble 的前几个 symbol 就完成), 同时也希望输出平稳, 否则后面容易造成误码, 特别是数据包包含比较多的连续长 0 或者长 1 的时。因此, 如果用户需要自己调整该参数, 就需要根据实际情况来调试并观察效果。

另外, 通常数据率越高, 抖动会越厉害, 这样就需要将滤波系数设得更小, 才能提高连续长 0 和长 1 的接收正确率, 这时同样会面临放慢跟踪速度是否可接受的折衷与选择。

1.5 发射区寄存器的归类和使用

通常情况下，发射区的寄存器完全由 RFPDK 生成，用户在芯片初始化阶段进行一次性配置即可。此后，考虑到某些用户会在应用过程中单独地修改发射功率，数据率等参数，发射区可以进行进一步的归类划分，让用户可以进行针对性的配置。

0x90	RW	0x00	TX_FREQ_REG_00	TX Freq
0x91	RW	0x00	TX_FREQ_REG_01	
0x92	RW	0x00	TX_FREQ_REG_02	
0x93	RW	0x00	TX_FREQ_REG_03	TX Mode
0x94	RW	0x00	TX_MODE_REG_00	
0x95	RW	0x00	TX_DR_REG_00	TX Data Rate
0x96	RW	0x00	TX_DR_REG_01	
0x97	RW	0x40	TX_DR_REG_02	
0x98	RW	0x80	TX_DR_REG_03	
0x99	RW	0x60	TX_DR_REG_04	
0x9A	RW	0x08	TX_DR_REG_05	TX Dev
0x9B	RW	0x00	TX_DEV_REG_00	
0x9C	RW	0x00	TX_DEV_REG_01	
0x9D	RW	0x00	TX_DEV_REG_02	TX Power
0x9E	RW	0x00	TX_PWR_REG_00	
0x9F	RW	0x40	TX_PWR_REG_01	
0xA0	RW	0x00	TX_PWR_REG_02	
0xA1	RW	0x00	TX_PWR_REG_03	
0xA2	RW	0x00	TX_PWR_REG_04	TX Misc
0xA3	RW	0x00	TX_PWR_REG_05	
0xA4	RW	0x00	TX_PWR_REG_06	
0xA5	RW	0x00	TX_MISC_REG_00	
0xA6	RW	0x00	TX_MISC_REG_01	
0xA7	RW	0x00	TX_MISC_REG_02	

图 5. 发射相关寄存器分类

表 6. 发射相关寄存器分类

分类	功能说明
TX Freq	设置发射频率
TX Mode	设置发射的各种模式
TX Data Rate	设置发射数据率与 Ramp 的控制
TX Dev	设置发射 Deviation
TX Power	设置发射功率
TX Misc	其他配置

用户无须了解这些寄存器内容，并且可以进行针对性的配置，尽量减少要写入的寄存器数量。

2. 文档变更记录

表 7. 文档变更记录表

版本号	章节	变更描述	日期
0.5	所有	初始版本发布	2020-09-17

CMOSTEK Confidential

3. 联系方式

无锡泽太微电子有限公司深圳分公司

深圳市南山区西丽街道万科云城 3 期 8 栋 A 座 30 楼

邮编: 518055

电话: +86-755-83231427

销售: sales@cmostek.com

技术支持: support@cmostek.com

网址: www.cmostek.com

版权所有 © 无锡泽太微电子有限公司，保留一切权利。

无锡泽太微电子有限公司（以下简称：“CMOSTEK”）保留随时更改、更正、增强、修改 CMOSTEK 产品和/或本文档的权利，恕不另行通知。非经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。由于产品版本升级或其他原因，本文档内容会不定期进行更新。CMOSTEK 的产品不建议应用于生命相关的设备和系统，在使用该器件中因为设备或系统运转失灵而导致的损失，CMOSTEK 不承担任何责任。

CMOSTEK 商标和其他 CMOSTEK 商标为无锡泽太微电子有限公司的商标，本文档提及的其他所有商标或注册商标，由各自的所有人拥有。