

## CMT2300A射频参数配置指南

### 概要

本文介绍 CMT2300A 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
CMT2300A	127 - 1020MHz	(G)FSK/OOK	收发一体	寄存器	QFN16

阅读此文档之前，建议阅读《AN142-CMT2300A 快速上手指南》以了解 CMT2300A 的基本使用方式。

## 目录

<b>1. Tx 和 Rx 的参数配置</b> .....	<b>3</b>
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.....	9
<b>2. 文档变更记录</b> .....	<b>10</b>
<b>3. 联系方式</b> .....	<b>11</b>

# 1. Tx 和 Rx 的参数配置

## 1.1 基本参数配置

图 1. 射频配置参数界面

这些参数对应的寄存器都储存在频率区，数据率区，和发射区里面，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 界面上的参数都通俗易懂，下面阐述一些配置时需要注意的地方。

### 关于 Deviation 的选择：

通常来说，建议配置 Deviation 时满足下面 3 点：

1.  $4\text{kHz} < \text{Deviation} < 200\text{ kHz}$ ，并且  $\text{Data Rate} * 0.5 + \text{Deviation} \leq 250\text{ kHz}$ 。
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  $\text{Data Rate} * 0.5 \leq \text{Deviation} \leq \text{Data Rate} * 2$ ，就可以达到最好的灵敏度。

### 关于晶体 PPM 的选择：

界面上要求用户分别输入 Tx 和 Rx 的晶体容差指数。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了 40 ppm。用户应该考虑这个最坏的情况，来设置好这两个容差值，这会影影响接收机内部的各个带宽设置。

## 1.2 OOK 解调配置

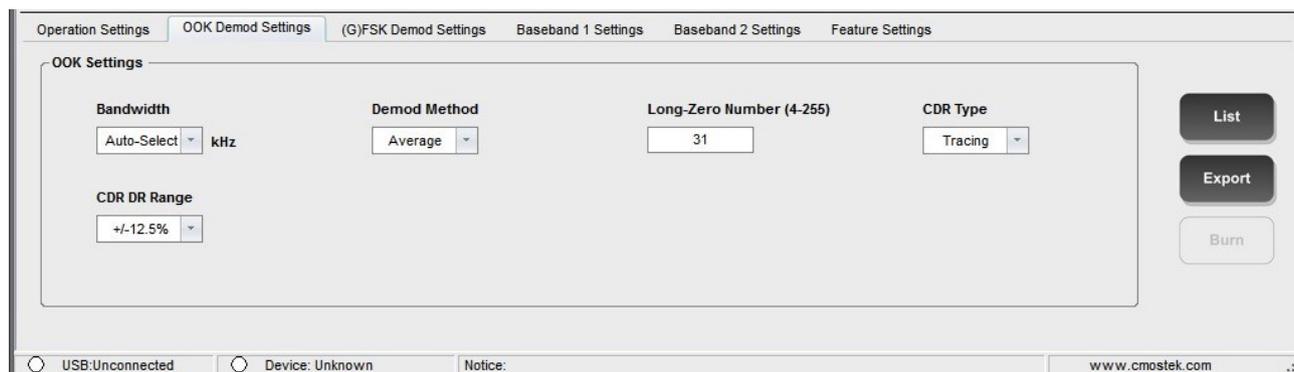


图 2. OOK 配置参数界面

下面是配置建议：

表 2. OOK 参数配置建议

RFPDK 输入参数	配置建议
Bandwidth	建议选择 Auto-Select
Demod Method	<p><b>Middle</b> 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。缺点是，如果数据包中有尖峰突变（幅度突然短暂变大），就会影响后续一段时间的解调。</p> <p><b>Average</b> 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）。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>使用经验是，尖峰突变只有在某些特殊应用才会存在，所以通常建议 <b>Middle</b> 的解调方法，可以加快解调速度，减少接收时间。</p>
Long-Zero Number	用户需要输入这个数值，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，来保证最好的解调效果。
CDR Type	在 <b>packet</b> 模式下，或者是需要检测 <b>preamble</b> 或者 <b>sync</b> ，数据率时钟恢复的功能就必须打开，后面的章节会详细介绍如何使用 CDR。
CDR Range	CDR = <b>Tracing</b> 时需要输入的参数，后面的章节会详细介绍如何使用 CDR。

### 1.3 FSK 解调配置

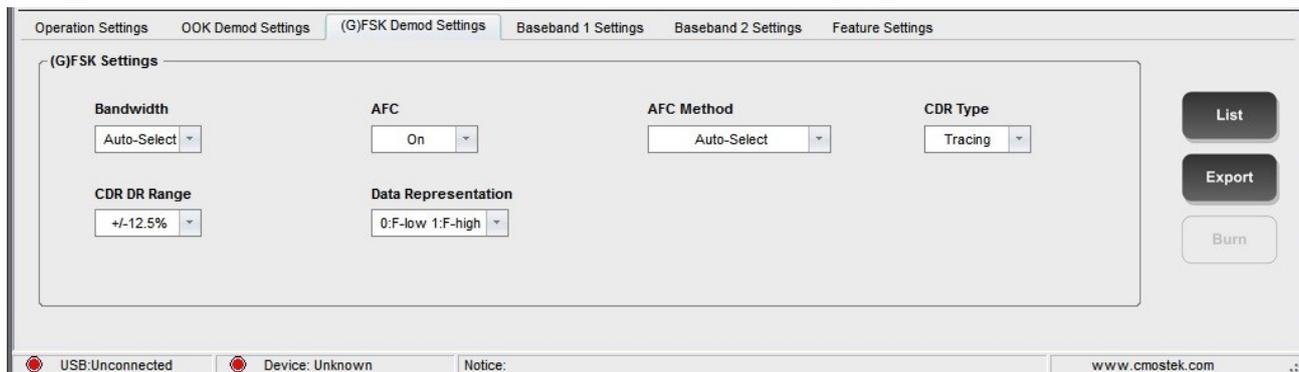


图 3. FSK 配置参数界面

下面是配置建议：

表 3. FSK 参数配置建议

RFPDK 输入参数	配置建议
Bandwidth	建议选择 Auto-Select
AFC	AFC 的开关，通常建议选择打开
AFC Method	AFC 的方法，建议选择 Auto-Select
CDR Type	在 packet 模式下，或者是需要检测 preamble 或者 sync，数据率时钟恢复的功能就必须打开，后面的章节会详细介绍如何使用 CDR。
CDR Range	CDR = Tracing 时需要输入的参数，后面的章节会详细介绍如何使用 CDR。
Data Representation	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。

### 1.4 CDR 的设计指标和模式选择

对应的 RFPDK 的界面和参数：

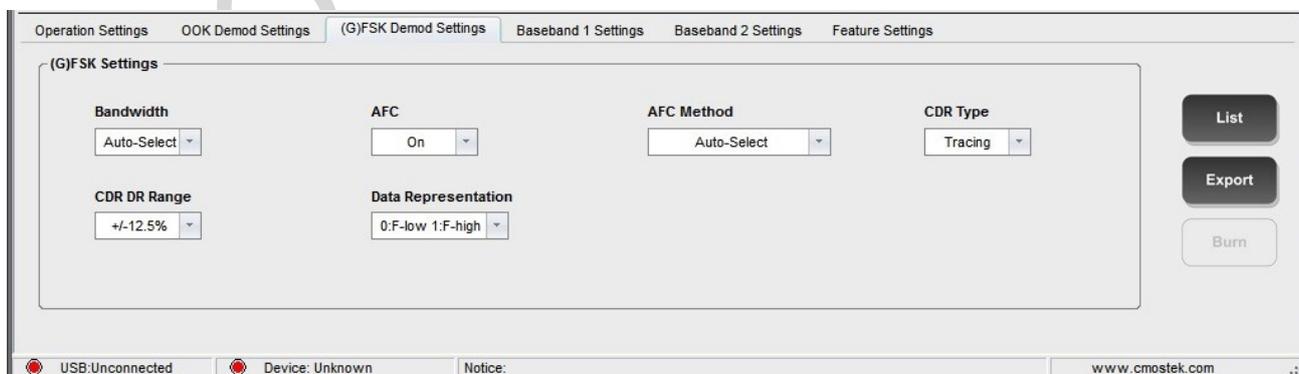


图 4. CDR 配置参数界面

下面是配置建议:

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>

寄存器的内容和解释可看下表。

表 5. CDR 相关寄存器说明

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 下文有详细介绍。
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, 用户不需要理解这个比特。

寄存器名	位数	R/W	比特名	功能说明
	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 需要使用的一个阈值, 其计算方式是: $TH = \text{晶体频率} / \text{数据率}$
CUS_CDR4 (0x2E)	7:0	RW	CDR_BR_TH<15:8>	例如数据率是 15 kHz, 晶体频率时 26 Mhz, 求出的结果经过四舍五入后是 1733。

CMT2300A 的时钟恢复相关的参数, 都是存放在数据率区里面, 通过 RFPDK 自动进行配置的, 用户如果无特殊需求, 不需要去详细理解上面介绍的寄存器内容。这里介绍一下时钟恢复的设计指标和模式选择方法。下面将时钟恢复简称为 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, 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, CMT2300A 内部设计了三套 CDR 系统, 如下:

1. COUNTING 系统 – 这个系统是针对数据率对得比较准的情况设计的, **如果数据率是 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, 偏差累积到超过 50%, 就会出现采样出错, 道理跟传统的 UART 传输一样; 一旦信号出现翻转, 这个偏差会清零, 重新开始累积。所以, 在偏差非常微小的时候, 比如是 1/5000, 那么可以连续接收 2500 个 symbol 的无翻转数据而不出错, 就是很好的性能了。

2. TRACING 系统 – 这个系统是针对数据率偏差比较大的情况设计的，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。**这个系统可以承受的范围可以大至 15.6%，这是业界其它同类产品无法做到的。**但另一方面，这个系统的工作效果取决于本地数据率调整的精度。由于晶体频率是固定在 26MHz 的，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；超过 50kHz，能够正确采样的无翻转数据就会越来越少，到 250kHz，由于精度很低了，可能只能正确采样 2-3 个 byte 的无翻转数据。
3. MANCHESTER 系统 – 这个系统是有 COUNTER 系统变化出来的，基本特性是一样的，唯一的区别是，该系统是专门为了曼切斯特编解码而设计的，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是，TX 数据在经过曼切斯特编码后，有时候会出现连续两个 0 或者 1 的图案，如果其中有一个 0 或者 1 的 symbol 突然之间变长了超过 50%，那么 RX 这边就有可能采样到 3 个 0 或者 1；如果突然变短了超过 50%，会出现只采样到 1 个 0 或者 1。为了应对这样的特殊情况，在这个时钟恢复系统里，如果探测到接收数据中出现 3 个或超过 3 个 symbol 无翻转，采样就会停止。这就可以避免 symbol 突然变长时产生的误码。那么如果 symbol 突然变短时怎么办呢？由于这种情况往往在当前应用中是有共性的，因此用户可以统一将 RX 这边的数据率调快一点，就可以在 symbol 变短超过 50%的情况下，也可以正确采集。

### 怎样选择合适的 CDR 系统：

RFPDK 会根据数据率的配置来自动选择。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，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的时候都会做一次，因此最理想的情况是当数据包有 preamble 的时候，每个 symbol 都会做一次调整，这样可以实现跟踪速度最快化。

下面介绍一下几个参数的调试手段。

#### ● CDR\_RANGE\_SEL<1:0>

这个参数选择了可以跟踪上的数据率偏差，寄存器内容里给出的百分比不是数据率的百分比，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 +/-15.6% 是指的是，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 长度调整到跟 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 +15.6% 可转化为数据率百分比 -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

这两个参数跟 CDR\_RANGE\_SEL<1:0>的选择挂钩，当选择了+/-15.6%时，都不能使能；当选择+/-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），同时也希望输出要平稳，否则后面容易造成误码，特别是数据包里面有比较多的连续长 0 或者长 1 的时候。因此，如果用户要自己调整这个参数，就要根据实际情况调试来看效果。

另外，通常来说，数据率越高，抖动会越厉害，就需要将滤波系数设得越小，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和选择。

## 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 生成的，用户在芯片初始化阶段进行一次性配置就可以了。然后，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。

下面的表格用不同的颜色标注了不同的区域：

Addr	R/W	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0x55	RW	CUS_TX1								
0x56	RW	CUS_TX2								
0x57	RW	CUS_TX3								
0x58	RW	CUS_TX4								
0x59	RW	CUS_TX5								
0x5A	RW	CUS_TX6								
0x5B	RW	CUS_TX7								
0x5C	RW	CUS_TX8								
0x5D	RW	CUS_TX9								
0x5E	RW	CUS_TX10								
0x5F	RW	CUS_LBD								

图 5. 发射相关寄存器分类

表 6. 发射相关寄存器分类

颜色	功能说明
白色	设置各种发射功能的开关或选项。
灰色	设置 FSK 模式的 Deviation。
绿色	设置 Ramp 的参数，与数据率相关，即每次改变 TX 的数据率，都要重新配置这个区。
蓝色	设置发射功率，以及 LBD 功率补偿，其中 LBD_COMP_OFFSET<2:0>的内容不能完全依靠 RFPDK，因为是跟应用环境密切相关的，下面会详细介绍如果设置。
黄色	LBD 的阈值，用法请参考下个章节里面的“低电压检测（LBD）”的相关内容。

用户无须了解寄存器内容，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
0.8	所有	初始版本发布	2017-03-24
0.9	概要	加入阅读 AN142 的建议	2017-07-12
	所有	修改个别错别字	

CMOSTEK Confidential

### 3. 联系方式

无锡泽太微电子有限公司深圳分公司

中国广东省深圳市南山区前海路鸿海大厦 203 室

邮编: 518000

电话: +86 - 755 - 83235017

传真: +86 - 755 - 82761326

销售: [sales@cmostek.com](mailto:sales@cmostek.com)

技术支持: [support@cmostek.com](mailto:support@cmostek.com)

网址: [www.cmostek.com](http://www.cmostek.com)

**Copyright. CMOSTEK Microelectronics Co., Ltd. All rights are reserved.**

The information furnished by CMOSTEK is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed for inaccuracies and specifications within this document are subject to change without notice. The material contained herein is the exclusive property of CMOSTEK and shall not be distributed, reproduced, or disclosed in whole or in part without prior written permission of CMOSTEK. CMOSTEK products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of CMOSTEK. The CMOSTEK logo is a registered trademark of CMOSTEK Microelectronics Co., Ltd. All other names are the property of their respective owners.