
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 - 1050MHz | (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 | 9 |
| 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

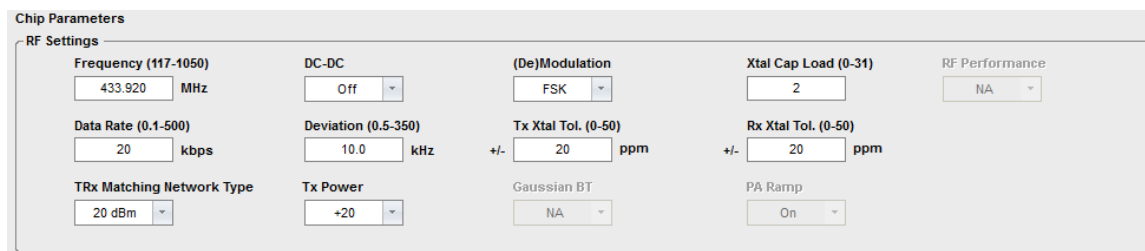


图 1. 射频配置参数界面

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 界面上的参数较为通俗易懂，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频率偏差。

对 4(G)FSK 来说，Deviation 指中心频点左右两最外侧的频点到中心频点的频率偏差。

表 2. Deviation 的选择

| | 只使用 TX | 只使用 RX | TRX 一起使用 | 单位 |
|---------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|-----|
| | $F_{dev_TX_only_max}$ | $F_{dev_RX_only_max}$ | $F_{dev_TRX_max}$ | |
| 675 至 960 MHz | 600 | 350 | 350 | kHz |
| 450 至 640 MHz | 400 | 350 | 350 | kHz |
| 338 至 450 MHz | 300 | 350 | 300 | kHz |
| 225 至 320 MHz | 200 | 350 | 200 | kHz |
| 169 至 225 MHz | 150 | 350 | 150 | kHz |
| 135 至 169 MHz | 120 | 350 | 120 | kHz |
| 113 至 135 MHz | 100 | 350 | 100 | kHz |

根据使用频率和实际应用，选择相应的 F_{dev_max} ，RFPDK 默认是 TRX 一起使用。

若需要 TX 与 RX 的 deviation 分开配置，请反馈并提出详细的需求。

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

1. $Deviation < F_{dev_max}$ ，且 $Data\ Rate * 0.50 + Deviation \leq F_{dev_max}$ ；
2. $Data\ Rate * 0.25 \leq Deviation$ ，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 $Data\ Rate * 0.5 \leq Deviation \leq Data\ Rate * 2$ ，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. $Deviation < F_{dev_max}$ ，且 $Data\ Rate * 0.25 + Deviation \leq F_{dev_max}$ ；
2. $Data\ Rate * 0.125 \leq Deviation$ ；
3. 在满足 1 和 2 的情况下，若能满足 $Data\ Rate * 0.25 \leq Deviation \leq Data\ Rate * 2$ ，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：

根据使用的最大功率(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

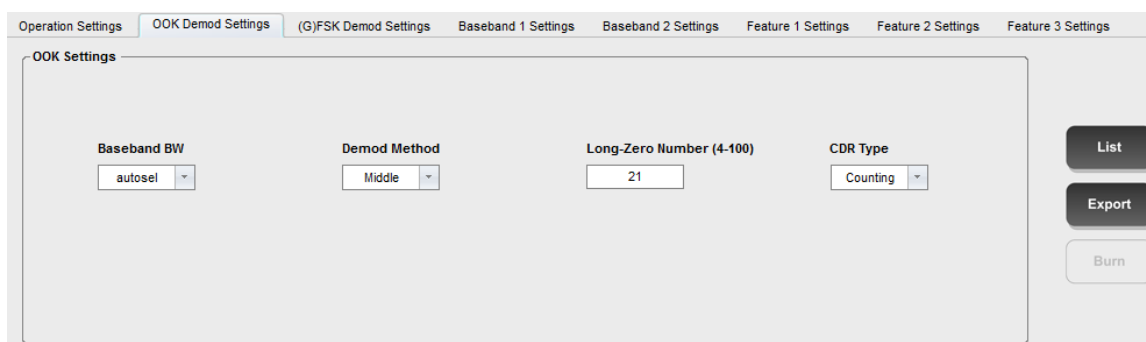


图 2. OOK 配置参数界面

以下为 OOK 解调配置建议。

表 3. 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

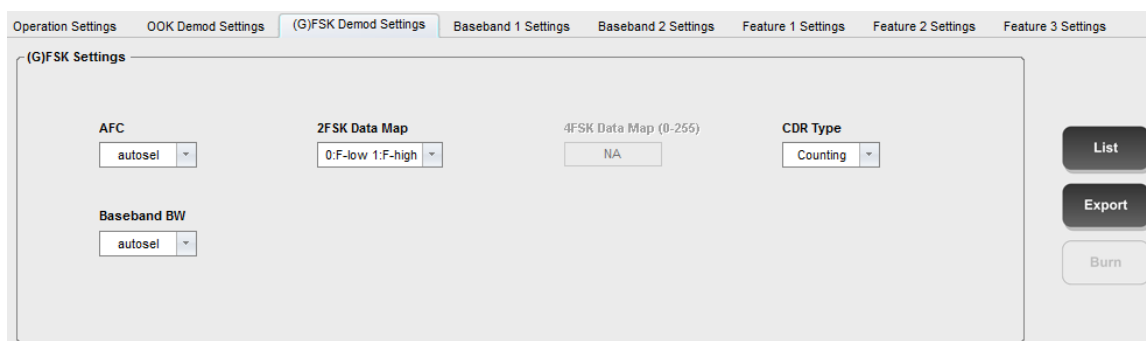


图 3. FSK 配置参数界面

表 4. 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 TX Data Map | 发射端 [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。 |
| 4FSK RX Data Map | 接收端 [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。

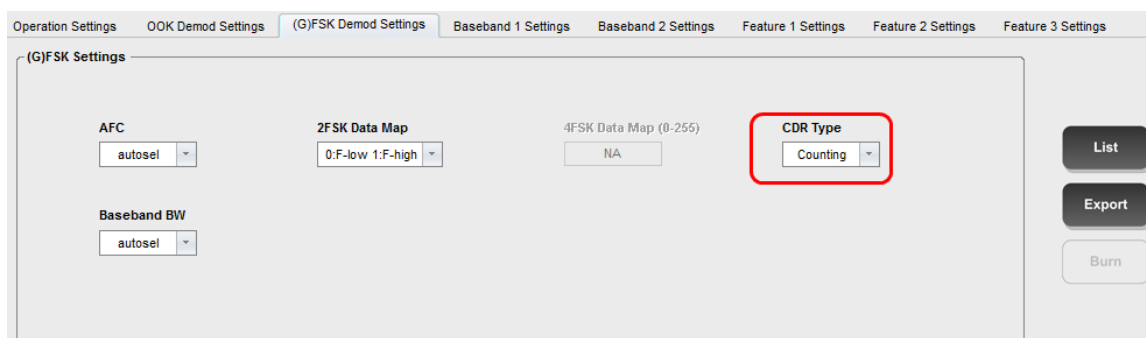


图 4. CDR 配置参数界面

以下为 CDR 相关配置建议。

表 5. 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 6. CDR 相关寄存器描述

| 寄存器名 | 位数 | R/W | 比特名 | 功能说明 |
|--------------------------------|-----|-----|--------------------|--|
| RX_CDR_REG_00 (Page1, 0x44) | 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。 |
| | 6:4 | 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。 |
| RX_CDR_REG_03 (Page1, 0x47) | 4 | 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: |

| 寄存器名 | 位数 | R/W | 比特名 | 功能说明 |
|--------------------------------|-----|-----|------------------|---|
| | | | | 0: 不使能 1: 使能 |
| | 3 | 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 |
| | 2:0 | RW | CDR_BR_TH<18:16> | 同下 |
| RX_CDR_REG_01 (Page1, 0x45) | 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: $TH = \text{晶体频率}/\text{数据率}$ 。 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。 |
| RX_CDR_REG_02 (Page1, 0x46) | 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, 用户若无特殊需求, 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。下文中时钟恢复简称为 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, 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。

注意：4FSK/4GFSK 仅支持 Counting 模式！

● 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 +/-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+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**

这两个参数与 CDR_RANGE_SEL<1:0>的选择相关联，当选择 +/-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。

表 7. 发射相关寄存器分类

| Address | Port Bus | Default | Name | Description |
|---------|----------|---------|----------------|-------------|
| 0x10 | RW | 0x00 | TX_FREQ_REG_00 | TX Freq |
| 0x11 | RW | 0x00 | TX_FREQ_REG_01 | |
| 0x12 | RW | 0x00 | TX_FREQ_REG_02 | |
| 0x13 | RW | 0x00 | TX_FREQ_REG_03 | |

| Address | Port Bus | Default | Name | Description |
|---------|----------|---------|----------------|--------------|
| 0x14 | RW | 0x00 | TX_MODE_REG_00 | TX Mode |
| 0x15 | RW | 0x00 | TX_DR_REG_00 | TX Data Rate |
| 0x16 | RW | 0x00 | TX_DR_REG_01 | |
| 0x17 | RW | 0x40 | TX_DR_REG_02 | |
| 0x18 | RW | 0x80 | TX_DR_REG_03 | |
| 0x19 | RW | 0x60 | TX_DR_REG_04 | |
| 0x1A | RW | 0x08 | TX_DR_REG_05 | |
| 0x1B | RW | 0x00 | TX_DEV_REG_00 | TX Dev |
| 0x1C | RW | 0x00 | TX_DEV_REG_01 | |
| 0x1D | RW | 0x00 | TX_DEV_REG_02 | |
| 0x1E | RW | 0x00 | TX_PWR_REG_00 | TX Power |
| 0x1F | RW | 0x40 | TX_PWR_REG_01 | |
| 0x20 | RW | 0x00 | TX_PWR_REG_02 | |
| 0x21 | RW | 0x00 | TX_PWR_REG_03 | |
| 0x22 | RW | 0x00 | TX_PWR_REG_04 | |
| 0x23 | RW | 0x00 | TX_PWR_REG_05 | |
| 0x24 | RW | 0x00 | TX_PWR_REG_06 | |
| 0x25 | RW | 0x00 | TX_MISC_REG_00 | TX Misc |
| 0x26 | RW | 0x00 | TX_MISC_REG_01 | |
| 0x27 | RW | 0x00 | TX_MISC_REG_02 | |

表 8. 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 9. 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 |
| 0.6A | 所有 | 审校 | 2022-01-09 |
| 0.7 | 所有 | 审校 | 2022-08-12 |

3. 联系方式

深圳市华普微电子股份有限公司

中国广东省深圳市南山区西丽街道万科云城三期 8A 栋 30 层

邮编: 518052

电话: +86 - 755 - 82973805

销售: sales@hoperf.com

网址: www.hoperf.cn

版权所有 © 深圳市华普微电子股份有限公司，保留一切权利

深圳华普微电子股份有限公司（以下简称：“HOPERF”）保留随时更改、更正、增强、修改 HOPERF 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。HOPERF 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，HOPERF 不承担任何责任。

HOPERF 商标和其他 HOPERF 商标为深圳华普微电子股份有限公司的商标，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。