

## CMT2210LB/CMT2217LB/ CMT2217B使用指南

### 概要

CMT2210LB 是一款低功耗，高性能，和低成本 OOK 无线接收机。它能够覆盖 300 - 480MHz 的无线通信频段。CMT2217B/LB 是与 CMT2210LB 类似的产品，使用了相同的接收机架构，不同的是它们覆盖了更宽的 300 - 920MHz 的频段。它们都属于 CMOSTEK NextGenRF™ 系列的产品。该产品系列包含了发射机，接收机，和收发一体机等短距离无线通信芯片。

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	灵敏度	接收电流	配置方式	封装
CMT2210LB	300 - 480MHz	OOK	-113dBm	3.8mA	烧录参数	SOP8
CMT2217LB	300 - 920MHz	OOK	-113dBm	3.8mA	烧录参数	SOP8
CMT2217B	300 - 920MHz	OOK	-113dBm	3.8mA	烧录参数	QFN16
注：灵敏度和接收电流测试条件为 433.92MHz, 1kbps, 0.1% BER						

在阅读本文前，请安装好 RFPDK 软件，以便更好了解。RFPDK 是 RF Products Development Kit 的简称，是 CMOSTEK 专门为 NextGenRF™ 的产品线开发的辅助开发工具。它能有效简化了 NextGenRF™ 系列芯片的配置和烧录操作，用户仅需花几分钟的时间，在 RFPDK 的界面上选择或直接输入一些简单的参数，就能完成对芯片功能的配置。

本文档介绍了如何使用 RFPDK 以及相关的开发工具来对这些产品进行正确的配置，以及如何使用外部 MCU 来控制这些产品。由于除了频率范围和 GPO 的设置外，这 3 个型号的参数几乎是完全一样的，因此文中会以 CMT2217B 为主要的详细介绍对象。

用户可参与下面的 AN 来了解更多关于这 3 款产品的信息：

- 《AN174-CMT2210LB-CMT2217LB-CMT2217B 手动配置指南》

## 目录

<b>1</b>	<b>芯片架构介绍 .....</b>	<b>4</b>
1.1	总体工作原理 .....	4
1.2	IO 管脚说明 .....	5
<b>2</b>	<b>SPI 接口时序 .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>开始使用套件 .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>RF 参数配置 .....</b>	<b>9</b>
4.1	Frequency .....	9
4.2	Xtal Freq. ....	9
4.3	Demodulation .....	10
4.4	Data Rate .....	10
4.5	Tx Freq. Offset 和 Rx XtalTol. ....	10
4.6	AGC .....	10
<b>5</b>	<b>OOK 解调参数配置 .....</b>	<b>11</b>
5.1	BW Options   Real BW .....	11
5.2	Demod Method .....	12
5.3	Auto Squelch Enable, Auto Squelch .....	12
<b>6</b>	<b>系统运行参数 .....</b>	<b>13</b>
6.1	Chip Default Mode .....	14
6.1.1	Always Rx 模式 .....	14
6.1.2	Duty-Cycle 模式 .....	15
6.1.3	Manual 模式 .....	16
6.2	Sleep Timer, Sleep Time, Rx Timer, Rx Time, Rx Time Ext .....	17
6.2.1	简易配置 .....	18
6.2.2	精确配置 .....	18
6.3	State After Rx Exit .....	19
6.4	Wake-On Radio, Wake-On Condition .....	20
6.5	应用实例 .....	21
6.5.1	实例 1: 自动睡眠唤醒 .....	21
6.5.2	实例 2: 自动睡眠唤醒+自动退出接收 .....	22
6.5.3	实例 3: 全自动 Duty-Cycle .....	22
6.5.4	实例 4: 用 Preamble 延长接收时间 .....	23
6.5.5	实例 5: 用 Preamble 切换接收时间 .....	24
6.6	GPO Config, GPO Invert .....	25

---

6.6.1	Rx Active .....	25
6.6.2	System Clock .....	25
6.6.3	Data Clock.....	26
6.6.4	LBD.....	26
7	文档变更记录 .....	27
8	联系方式.....	28

CMOSTEK Confidential

# 1 芯片架构介绍

## 1.1 总体工作原理

CMT2210LB、CMT2217LB、CMT2217B 三个型号均是数模一体化接收机，它们采用晶体振荡器提供 PLL 的参考频率和数字时钟，支持数据率从 1Kbps 到 40Kbps 的 OOK 解调输出，并支持时间可配置的 Duty-Cycle 工作模式，避免各种外部原因造成的死机现象。

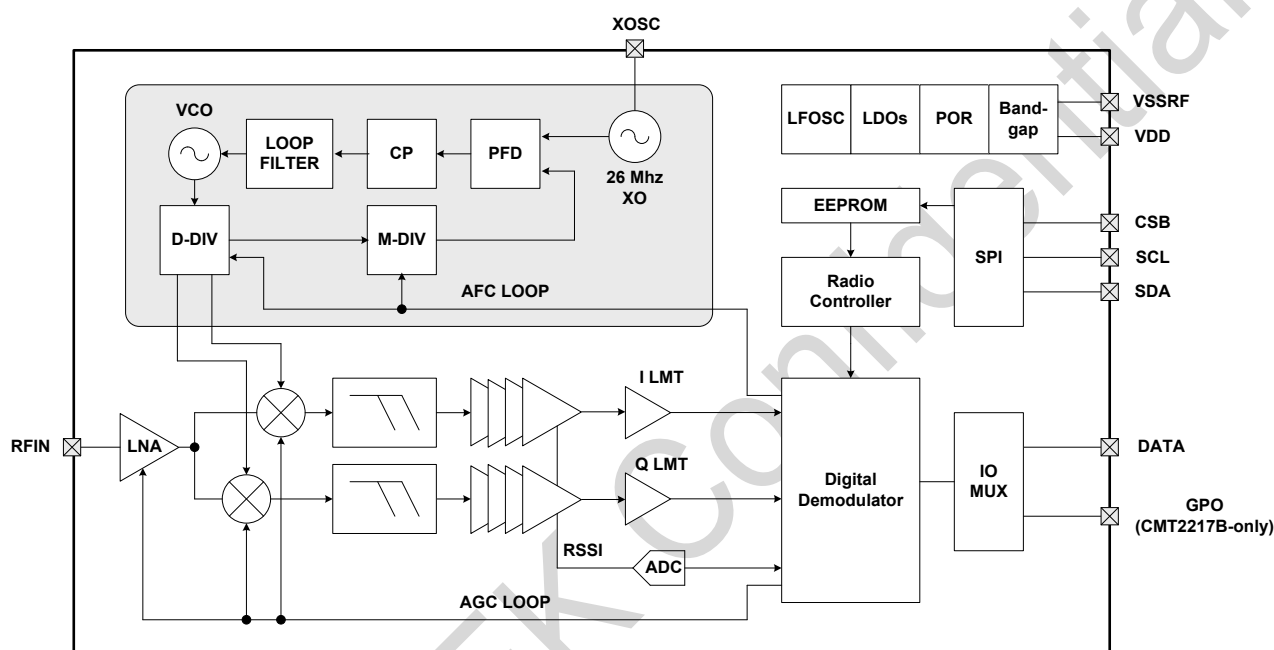


图 1. CMT2210 / 17LB、CMT2217B 系统结构

三个型号的芯片均采用 LNA+MIXER+IFFILTER+LIMITTER+PLL 的低中频结构实现 1G 以下频率的无线接收功能。模拟电路负责将射频信号下混频至中频，并通过 Limiter 模块做对中频信号数模转换处理，输出 I/Q 两路单比特信号到数字电路做后续的 (G) FSK 解调。同时，会通过 SARADC 将实时的 RSSI 转换为 8-bit 的数字信号，并送给数字部分做后续的 OOK 解调和其它处理。数字电路负责将中频信号下混频到零频（基带）并进行一系列滤波和判决处理，同时进行 AGC 动态地控制模拟电路，最后将 1-bit 的原始的信号解调出来。信号解调出来之后，直接输出到 PAD。

芯片内包含了一块 EEPROM，它主要的功能在于对芯片的功能进行配置，用户可通过 RFPDK 来决定配置的内容。

芯片内各个模拟模块的电压和电流源都需要通过数字部分协助进行校正后才能正常工作。芯片提供了 SPI 通讯口，外部的 MCU 可以通过串口来控制芯片的运作。芯片也可以在没有 MCU 的情况下独立运作，即上电自动进入 RX，随后进行周期性复位并自动进入 RX。

1.2 IO 管脚说明

CMT221xLB 和 CMT2217B 的管脚分配和功能：

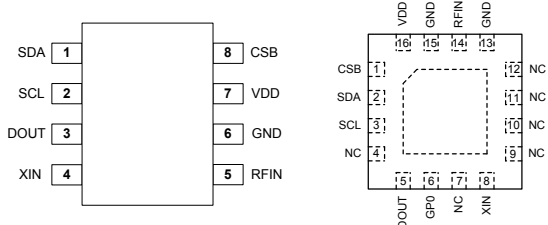


图 2. CMT221xLB 管脚（左）和 CMT2217B 管脚（右）俯视图

表 2. CMT221xLB SOP8 封装管脚说明

管脚号	名称	类型	I/O	功能说明
1	SDA	数字	IO	3 线 SPI 串行总线数据 SDA，悬空高阻输入状态，建议 PCB 加上 10K 上拉电阻
2	SCL	数字	I	3 线 SPI 串行总线时钟 SCL，芯片内部带下拉电阻
3	DOUT	数字	O	接收解调数据输出： 在 Rx 状态下，输出解调的数据流； 在 Sleep 状态下，输出低电平；
4	XIN	模拟	I	晶体振荡器输入
5	RFIN	模拟	I	信号输入，到内部 LNA
6	GND	数字	I	芯片供电电源地
7	VDD	数字	I	芯片供电电源正
8	CSB	数字	I	3 线 SPI 串行总线片选 CSB，芯片内部带上拉电阻

表 3. CMT2217B QFN16 封装管脚说明

管脚号	名称	类型	I/O	功能说明
1	CSB	数字	I	3 线 SPI 串行总线片选 CSB，芯片内部带上拉电阻
2	SDA	数字	IO	3 线 SPI 串行总线数据 SDA，悬空高阻输入状态，建议 PCB 加上 10K 上拉电阻
3	SCL	数字	I	3 线 SPI 串行总线时钟 SCL，芯片内部带下拉电阻
4、7、9-12	NC	--	--	悬空，不建议连接
5	DOUT	数字	O	接收解调数据输出： 在 Rx 状态下，输出解调的数据流； 在 Sleep 状态下，输出低电平；
6	GPO	数字	O	通用功能状态输出端口
8	XIN	模拟	I	晶体振荡器输入
13	GND	数字	I	芯片底下衬底地
14	RFIN	模拟	I	信号输入，到内部 LNA
15	GND	数字	I	芯片供电电源地
16	VDD	数字	I	芯片供电电源正

## 2 SPI 接口时序

CMT2217B 支持 SPI 串口，对于某些需要使用 MCU 来直接控制芯片状态的用户来说，必须理解 SPI 的接口时序。芯片是通过 3-线的 SPI 口与外部进行通信的。低有效的 CSB 是片选信号。SCL 是串口时钟，最快速度可以到 5 MHz。无论对于芯片本身，还是外部的 MCU，都是在 SCL 的下降沿送出数据，在上升沿采集数据。SDA 是一个双向的脚，用于输入和输出数据。地址和数据部分都是从 MSB 开始传送。

当访问芯片的时候，CSB 要拉低。然后首先发送一个 R/W 位，后面跟着 7 位的寄存器地址。外部 MCU 在拉低 CSB 之后，必须等待至少半个 SCL 周期，才能开始发送 R/W 位。在 MCU 发送出最后一个 SCL 的下降沿之后，必须等待至少半个 SCL 周期，再把 CSB 拉高。

需要注意的是，对于图 3 的读寄存器操作，MCU 和接收机都会在地 址 0 和数据 7 之间产生切换 IO 口的行为。此时接收机会将 IO 口从输入切换到输出，MCU 会将 IO 口从输出切换到输入。请注意中间虚线的位置，这时强烈建议 MCU 在送出 SCL 的下降沿前，先将 IO 口切换为输入；接收机在看到下降沿之后，才会将 SDA 切换为输出。这就避免了两 者同时将 IO 设为输出导致电气冲突的情况。对于某些 MCU 来说，这样的情况可能会导致其复位或出现其它异常行为。

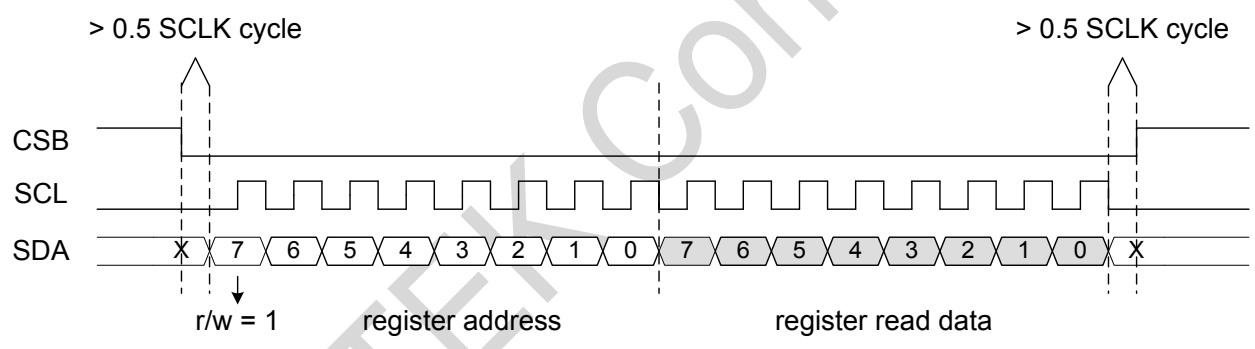


图 3: SPI 读寄存器时序

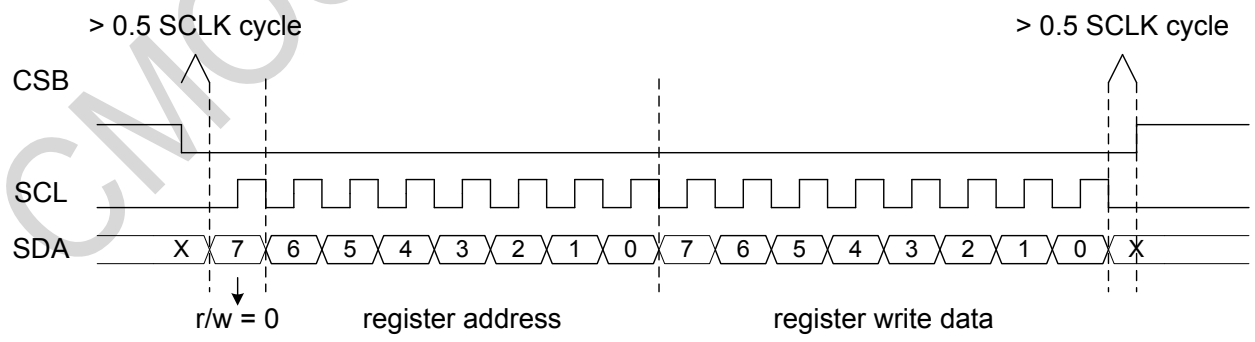


图 4: SPI 写寄存器时序

3 开始使用套件

将 RFPDK 软件安装到 PC 机上。详细的安装方法请参考“AN103 CMT211xA/221xA One-Way RF Link Development Kits User’s Guide”。

以 CMT2217B 型号为例，按照下图的结构连接好开发套件。如果用户不使用 CMOSTEK 提供的 EM 板，也可以使用自己的开发版，只要将芯片自带的 SPI 接口管脚链接到 USB 编程器上就可以了。

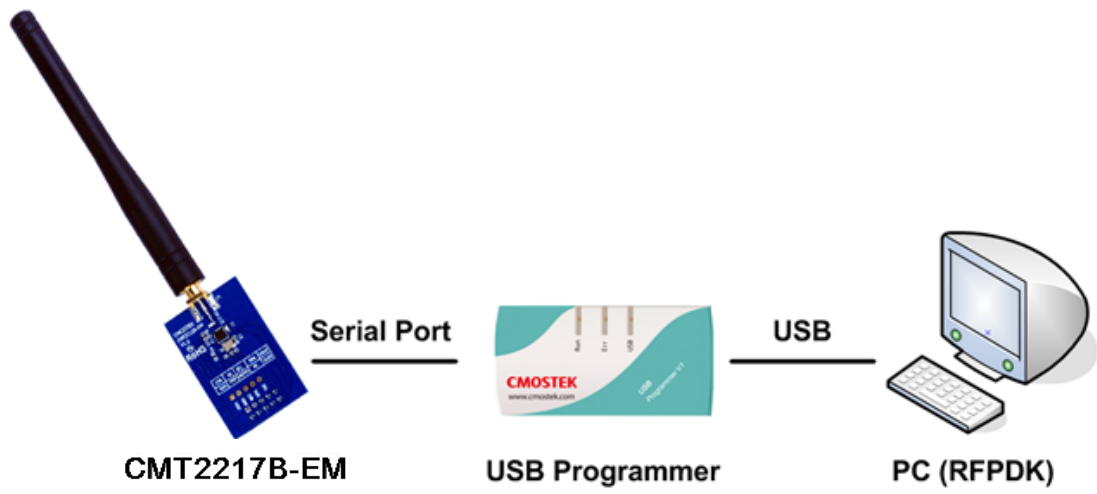


图 5. CMT2217B 开发套件

在计算机上点击打开 RFPDK，会出现如下界面。在界面上选择 CMT2217B 的产品型号并点击 Next，就会出现图 7 展示的产品配置界面。

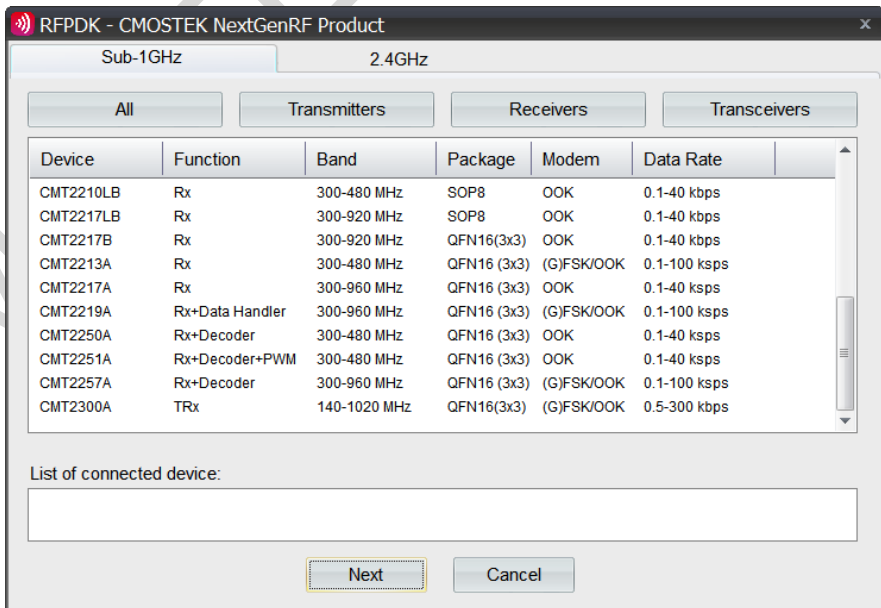


图 6. RFPDK 产品选择界面

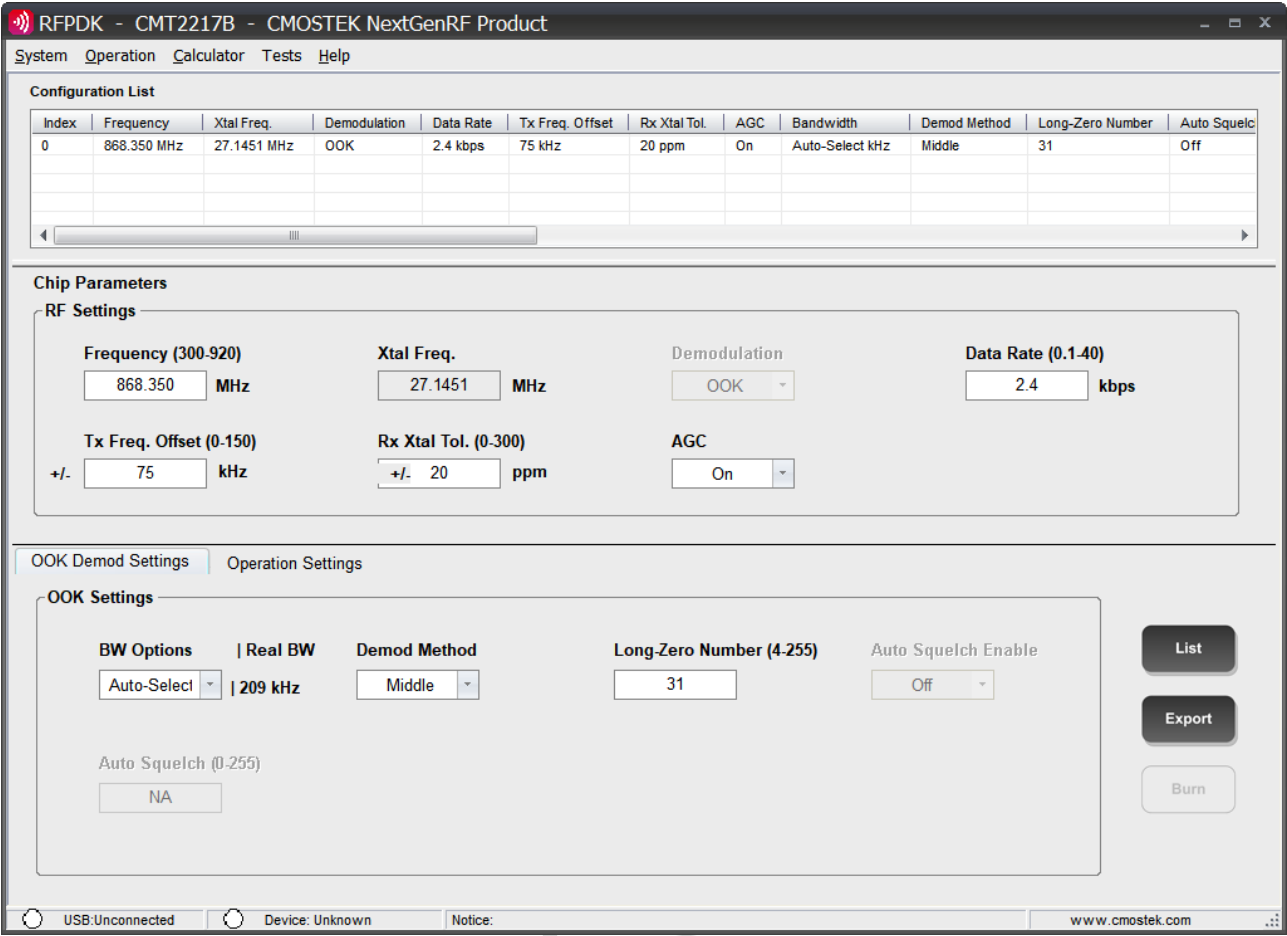


图 7. RFPDK 产品配置界面



4 RF 参数配置

RF Settings

Frequency (300-920)

868.350 MHz

Xtal Freq.

27.1451 MHz

Demodulation

OOK

Data Rate (0.1-40)

2.4 kbps

Tx Freq. Offset (0-150)

+/- 75 kHz

Rx Xtal Tol. (0-300)

+/- 20 ppm

AGC

On

图 8. RF Settings 配置界面

表 4. RF Settings 可配置参数

参数名	参数描述	默认值
Frequency	接收机的接收频率，范围是 300 –920 MHz，精度是 0.001 MHz。	868.350 MHz
Xtal Freq.	晶体的震荡频率，是自动计算出来的，用户无需输入。	27.1451 MHz
Demodulation	解调解调方式，该产品只支持 OOK。	OOK
Data Rate	接收机的数据量，范围是 0.1 – 40.0 kbps，精度是 0.1 kbps。	2.4kbps
Tx Freq. Offset	发射机发射频率的误差，是以 kHz 为单位的，软件会综合这个参数，以及下面的 RxXtalTol 参数，来计算出接收机需要的带宽。	±75 kHz
Rx XtalTol.	接收机能够兼容的晶体频率误差，是以 ppm 为单位的，软件会综合这个参数，以及上面的 Tx Freq. Offset 参数，来计算出接收机需要的带宽。	±20 ppm
AGC	自动增益控制功能的开关。	On

4.1 Frequency

CMT2217B 接收频率范围是 300 – 920 MHz，精度是 0.001 MHz。用户设置好目标接收频率的值后，同时也决定了与之对应需要使用的晶体的频率。

4.2 Xtal Freq.

用户必须使用 RFPDK 建议的晶体频率，才能让接收机正常工作。晶体的频率是由接收频率计算得到的，公式如下所示。实际上，用户无需自己计算晶体频率，只需要输入想要的射频频率，晶体频率就会自动就算得到。

$$F_{XTAL} = \frac{F_{RF}}{11.98923}, \quad 300 \text{ MHz} \leq F_{RF} < 360 \text{ MHz}$$

$$F_{XTAL} = \frac{F_{RF}}{15.98923}, \quad 360 \text{ MHz} \leq F_{RF} \leq 480 \text{ MHz}$$

$$F_{XTAL} = \frac{F_{RF}}{31.98923}, \quad 600 \text{ MHz} \leq F_{RF} \leq 920 \text{ MHz}$$

**举例说明:**

当目标频率为  $F_{RF} = 315 \text{ MHz}$ , 计算得出  $F_{XTAL} = 26.27358 \text{ MHz}$

当目标频率为  $F_{RF} = 433.92 \text{ MHz}$ , 计算得出  $F_{XTAL} = 27.13827 \text{ MHz}$

### 4.3 Demodulation

CMT2210LB、CMT2217LB、CMT2217B 这 3 个型号的产品仅支持 OOK 的解调方式。内部解调方法均支持 Middle 和 Average.

### 4.4 Data Rate

CMT2210LB、CMT2217LB、CMT2217B 使用的 OOK 解调方式, 能够支持 0.1 – 40 kbps 的数据率。通常情况下, 用户设定的数据率可以支持  $\pm 15\%$  的误差。如果 Wake-On Condition 设为 Preamble 或者是 Ext-Code 相关的条件, 那么芯片内部的解调时钟恢复功能就会打开, 这时数据率的容差范围计算公式如下:

$$\text{数据率容差百分比} = \frac{\pm 50\%}{\text{连续接收的 0 或者 1 的个数}}$$

例如, 接收数据包当中, 连续的 0 或者 1 的个数 (每个以  $1/\text{Data\_rate}$  为时间单位) 是 4, 那么计算得出的数据率容差百分比约等于 12.5%。如果需要支持更多的连续 0 或 1 的个数, 那么就需要发射机和接收机之间拥有更小的数据率误差。

### 4.5 Tx Freq. Offset 和 Rx XtalTol.

这两个参数共同定义了发射机和接收机之间的有可能存在的最大频率误差。

用户必须确保接收机的带宽能够覆盖这个频率的误差, 接收机才能够可靠地接收到想要得到信号。在 OOK Demod Setting 的设置界面, 如果 BW Options 的选择设置为 Auto-select, 那么 RFPDK 会根据这两个参数的设置, 以及数据率的值, 自动计算出最优的接收带宽, 并将计算出来的实际带宽值显示在 Real BW 下面。

### 4.6 AGC

自动增益控制是提升接收机的抗干扰能力的有效手段, 除非有特殊应用需求, 否则建议用户打开。

5 OOK 解调参数配置

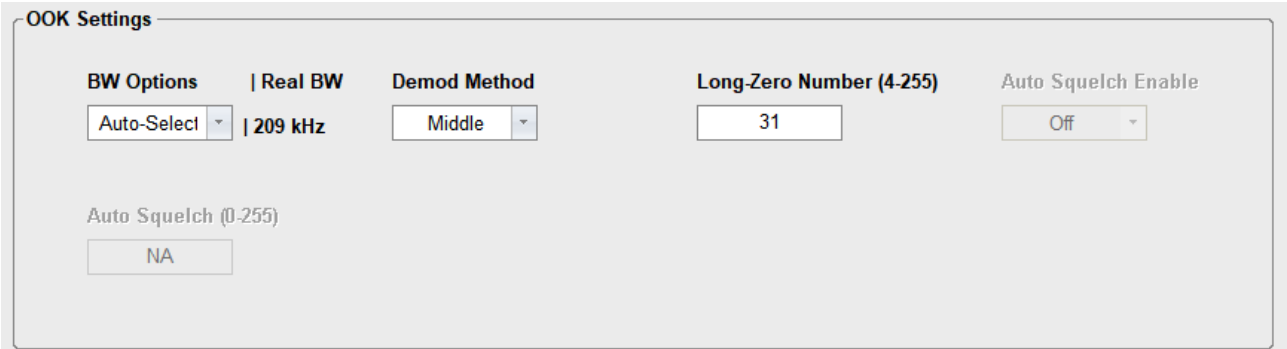


图 9. OOK 解调参数配置界面

下面是可配置的参数:

表 5. OOK Settings 可配置参数

参数名称	参数描述	默认值
BW Options   Real BW	接收机的带宽设置，选项有： 1: 50 kHz 2: 100 kHz 3: 200 kHz 4: 330 kHz Auto-select 接收机使用的真实带宽跟输入值有些微的差别，这时由于 RFPDK 充分考虑到了不同晶体的值产生的影响，并作出相应优化。真实的带宽值会显示在旁边的 Real BW 下面。	Auto-select
DemodMethod	OOK 解调有两种方法，选项如下： Middle Average	Middle
Auto Squelch Enable	自动 Squelch 门限的开关。这个功能只能在使用 Average 解调方法是才能使用。	Off
Auto Squelch	Squelch 门限的值，在这个功能打开后生效。	40

5.1 BW Options | Real BW

OOK 解调得到带宽直接决定了接收灵敏度，带宽越小，灵敏度越高。但不能为了最求高灵敏度，而不考虑实际应用中发射机和接收机之间的频率偏差，将带宽设值得太小。因此，建议用户使用 Auto-Select 的选项，让 RFPDK 自动计算最优的带宽。

## 5.2 Demod Method

OOK 解调支持两种不同的方法，由不同的电路实现。**Middle** 方法为默认的通用的方法，建议用户使用。而 **Average** 方法在 AC 供电电源波动较大的应用中，效果会更好。

## 5.3 Auto Squelch Enable, Auto Squelch

自动 Squelch 门限的作用是解调输出静音，其工作原理如下图所示，用户填入的 **Auto Squelch** 值，是在芯片自动探测到的底噪声上，加上一个 **offset**。例如底噪声是 50，**Auto Squelch** 设置成 40，那么真正的静音门限值就是 90。芯片内部在解调的同时，实时计算得出门限值，并用这个门限去拦截所有接收到的信号，当信号低于门限时，解调输出就是 0。

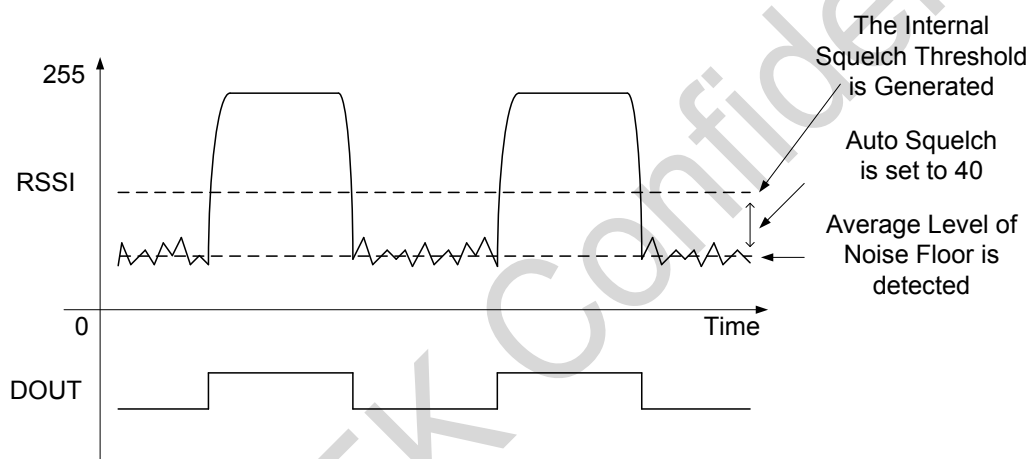


图 10. Auto Squelch 的工作原理图

经过反复实验证明，将 **Auto Squelch** 设置为 30 – 40 的值可以屏蔽 95% 的环境噪声。

用户必须注意，该功能只有在使用 **Average** 解调方式时才能使用。同时，由于设置的门限会屏蔽一部分的有用信号，所有使用该功能会导致灵敏度的损失，具体的损失值需要实测所得。

## 6 系统运行参数

Operation Settings 的 RFPDK 配置界面在后门分 3 种模式说明。下面是可配置的系统运行参数：

表 6. Operation Settings 配置参数

参数名称	参数描述	默认值
Chip Default Mode	芯片上电后的默认工作模式，选项是： Duty-Cycle Always Rx	Always Rx
Sleep Timer	睡眠计时器的开关，当打开之后，睡眠时的漏电时 440nA。	off
Sleep Time	睡眠时间，在 duty-cycle 工作模式下有效，范围是 3 到 134,152,192 ms。	3 ms
Rx Timer	接收计时器的开关。	off
Rx Time	接收时间，在 duty-cycle 工作模式下有效，范围是 0.04 到 2,683,043.00 ms。	2,000 ms
Rx Time Ext	接收延长时间，在 duty-cycle 工作模式下有效，范围是 0.04 到 2,683,043.00 ms。它只有在 WOR 打开时才有效。	200.00 ms
State after Rx Exit	在 Duty-Cycle 工作模式下，这个参数定义了芯片自动退出 RX 状态后，切换到的状态，选项是： STBY TUNE	STBY
Wake-On Radio	WOR 功能的开关。	Off
Wake-On Condition	WOR 的切换条件，只有在 WOR 打开时才生效，选项是： 1. Extended by RSSI 2. Extended by Preamble 3. Extended by Ext-Code 4. Switched to Rx Ext by RSSI 5. Switched to Rx Ext by Preamble 6. Switched to Rx Ext by Ext-Code 后续有详细说明。	Extended by Preamble
Ext-Code	当 WOR 切换条件是 3 和 6 时，用户可自定义的一个 Code 值，范围是 0 到 255。	0
Preamble	接收机接收一个 preamble 的长度，范围是 1 到 4 个 byte。	1
下面是仅 CMT2217B 支持的功能		
System Clock Output	系统时钟输出 CLKO 的开关。	Off
System Clock Frequency	系统时钟输出的频率选择，选项是晶体的频率除以 2,4,8...64，只有在该功能打开时才有效。	6.785 MHz
GPO Config	选择 GPO 管脚的功能，选项有： Rx Active System Clock Data Clock	Rx Active

参数名称	参数描述	默认值
	LBD	
GPO Invert	选择是否反转 GPO 输出信号的极性。	Off

6.1 Chip Default Mode

CMT2210LB、CMT2217LB、CMT2217B 这 3 个型号的产品具有两种自动工作模式，如下图所示：

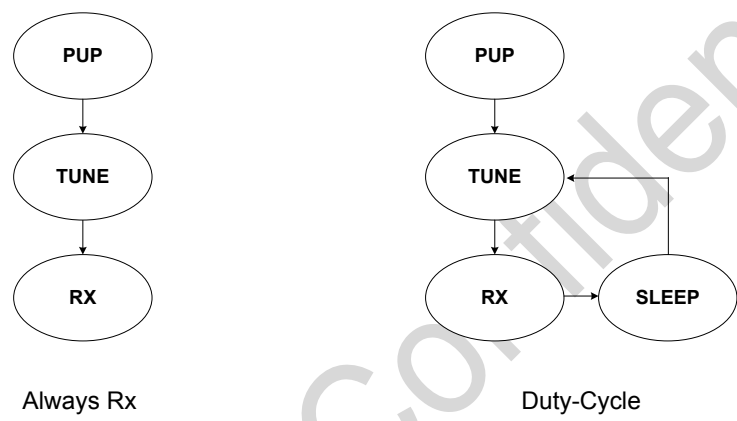


图 11. 接收机的两种工作模式

6.1.1 Always Rx 模式

Operation Settings

<b>Chip Default State</b> Always Rx	<b>Sleep Timer</b> Off	<b>Sleep Time (3-134152192)</b> NA ms	<b>Rx Timer</b> Off
<b>Rx Time (0.04-2683043)</b> NA ms	<b>Rx Time Ext (0.04-2683043)</b> NA ms	<b>State After Rx Exit</b> NA	<b>Wake-On Radio</b> NA
<b>Wake-On Condition</b> NA	<b>Ext-Code (0-255)</b> NA	<b>Preamble (1-4)</b> NA byte(s)	<b>System Clock Output</b> Off
<b>System Clock Frequency</b> NA MHz	<b>GPO Config</b> Rx Active	<b>GPO Invert</b> Off	

图 12. Operation Settings 参数配置界面, Always Rx 模式

如果设成一直接收模式，芯片上电后，会经过上电流程（PUP），频率校准，和最终进入接收状态直至芯片被断电。上电流程大约花费 2.7 ms 的时间，包含了打开晶体电路和校正内部模块的时间。一旦进入接收状态之后，芯片会持续输出 1 比特的解调信号到 DOUT 管脚上面。

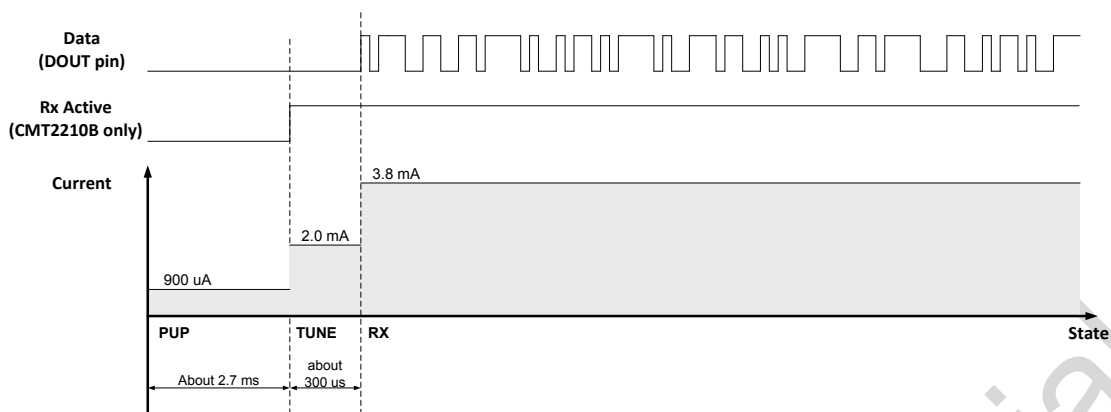


图 13. Always Rx 模式的时序和功耗图

6.1.2 Duty-Cycle 模式

Operation Settings			
Chip Default State Duty-Cycle	Sleep Timer On	Sleep Time (3-134152192) 3 ms	Rx Timer On
Rx Time (0.04-2683043) 2000.00 ms	Rx Time Ext (0.04-2683043) NA ms	State After Rx Exit SLEEP	Wake-On Radio Off
Wake-On Condition NA	Ext-Code (0-255) NA	Preamble (1-4) NA byte(s)	System Clock Output Off
System Clock Frequency NA MHz	GPO Config Rx Active	GPO Invert Off	

图 14. Operation Settings 参数配置界面，Duty-Cycle 模式

如果设置成周期接收模式，芯片上电后，当经过上电流程（PUP）后，自动在 TUNE, RX 和 SLEEP 状态之间循环，直到芯片断电。这样循环接收的好处是，让芯片有规律地重新进行频率校正来适应不同的环境，这有助于让芯片维持最佳的性能和稳定性。芯片在接收状态下会持续输出 1 比特的解调输出到 DOUT 管脚。下图中展示，如果 GPO 的功能配置成 Rx Active，那么这个指示信号会在 TUNE 和 RX 状态的时候拉高（或通过 GPO Invert 更改成拉低有效），在某些应用场合，可用于同步外部 MCU 的工作状态。

注意：GPO 的输出功能仅有 CMT2217B 支持。

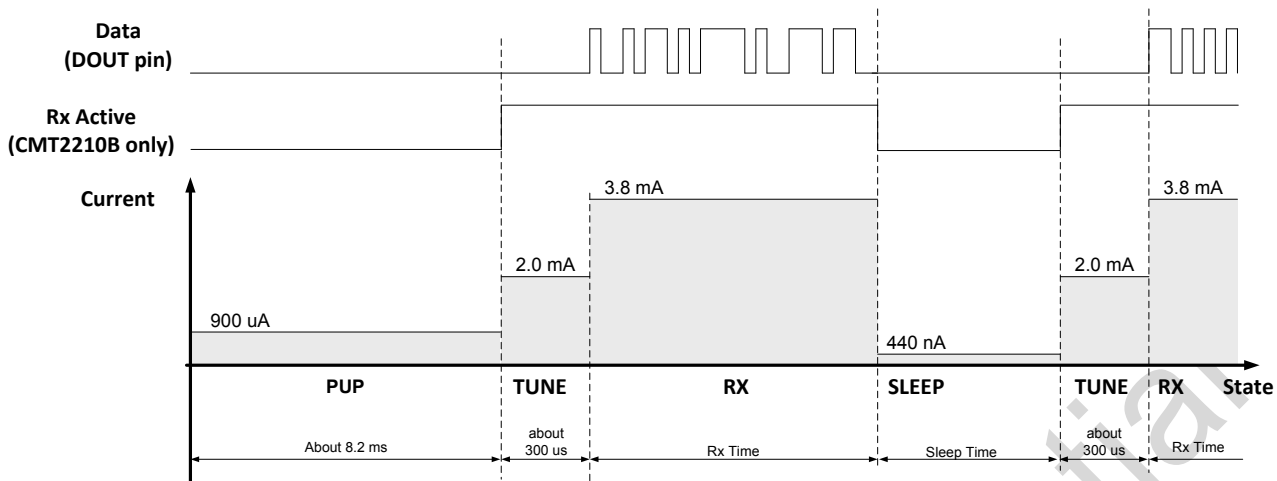


图 15. Duty-Cycle 模式的时序和功耗图

强烈建议用户使用 Duty-Cycle 的工作模式，它的好处是：

- 规律性地校正接收频率，适应环境变化，维持最高性能
- 规律性地睡眠能够复位绝大部分的电路，防止非理想使用环境的影响，维持最强的稳定性
- 降低接收机的平均功耗

只要睡眠时间和接收时间都配置得当，无论发射机何时发射数据，接收机就可以可靠地接收到。

### 6.1.3 Manual 模式

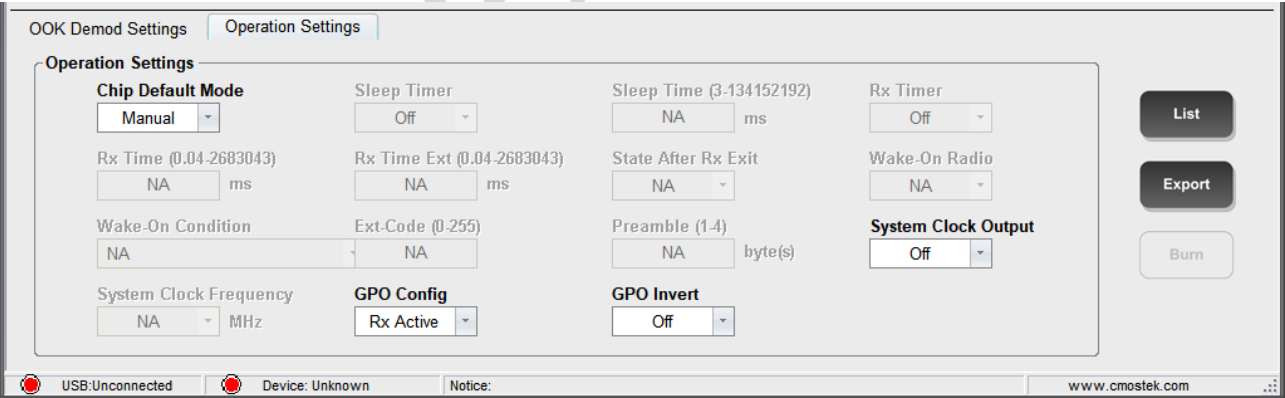


图 16. Operation Settings 参数配置界面，Manual 模式



另外，唯独 CMT2217B 具有 Manual（手动操控）模式，在这个模式下，所有计时器都被关闭，WOR 功能也被关闭，接收机完全受控于 MCU，即需要 MCU 发送命令完成状态切换。接收机用于切换状态和查询状态的寄存器如下：

表 7. Operation Settings

寄存器名	位数	R/W	比特名	功能说明
MODE_CTL (0x22)	7:5		CHIP_MODE_STA<2:0>	芯片状态： 000: IDLE，上电状态，用户不可见 001: SLEEP，睡眠状态 010: STBY，待机状态 011: FS，频率锁定状态 100: RX，接收状态 110: EEPROM 操作状态 其它：过渡状态或无效状态  IDLE 状态是芯片未上电时的状态，正常情况下用户不可见，除非晶体不起振。过渡状态就是 TUNE 状态，芯片不会长期停留在 TUNE 状态，因此用户通常是查询不到过渡状态的。
	4:0	RW	CHIP_MODE_SWT<4:0>	状态切换的命令： 00001: go_eeprom 00010: go_stby 00100: go_fs 01000: go_rx 10000: go_sleep 其余组合：不允许发送。

例如：

当通过 SPI 写入：SPIwrite (0x22, 0x02)，表示让芯片进入待机状态；

当通过 SPI 读取：SPIwrite (0x22)，读取值的[7:5]为 0b100，表示芯片正处于接收模式；

这几款产品的 EEPROM 都是用于自动配置的，用户无需访问，但如果用户有操作 EEPROM 的需求，请参阅《AN173-CMT2210LB-CMT2217LB-CMT2217B EEPROM 操作指南》。

另外，如果 CMT2210LB 和 CMT2217LB 的用户也想要使用手动操控模式，请参阅《AN174-CMT2210LB-CMT2217LB-CMT2217B 手动配置指南》。

## 6.2 Sleep Timer, Sleep Time, Rx Timer, Rx Time, Rx Time Ext

Sleep Time 的计时范围是 3 到 134,152,192 ms，是由频率精度为+/-1%的内部 LPOSC 来驱动的。Rx Time 的计时范围是 0.04 到 2,683,043.00 ms。Rx Time Ext 是指在满足指定的 WOR 条件后，自动延长的接收时间，

以保证完整数据包的接收，它的计时范围与 Rx Time 一样。

### 6.2.1 简易配置

简易配置的 Duty-Cycle 模式，可以令用户无需做太多的计算，就能够轻松地获得上面介绍得到提供稳定性和降低功耗的好处。下面是一个例子：

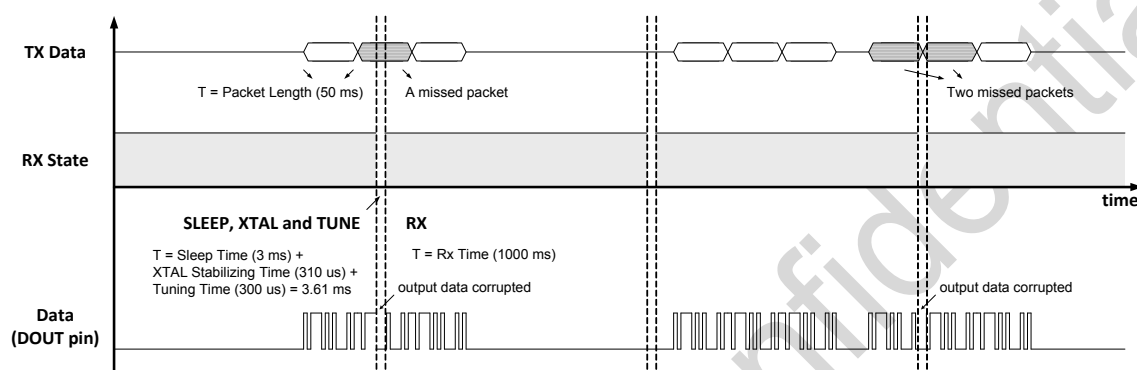


图 17. 简易配置下 Tx 和 Rx 的时序关系

在这个例子里面，发射机的数据率是 1.2 kbps，一个数据包有 60 个 symbols。因此，数据包时间长度是 50ms。用户可以做如下配置：

- 将 Sleep Time 设置为最小的 3ms
- 将 Rx Time 设置为远远大于数据包时长的 1 s
- 让发射机每次都发射 3 个连续的数据包

在这个配置下，睡眠时间非常短，非接收时间（包括睡眠时间，XTAL 的稳定时间，TUNE 的时间）也远远小于 50 ms 的包时长。因此，如图中所示，非接收时间只可能打断 1 或者 2 个数据包的接收，即每次发射后，接收机至少可以成功捕获 1 个数据包。如果使用了 Auto Squelch 的静音功能，那么外部 MCU 可以通过 DOUT 来唤醒并进行数据采集。在非接收时间，DOUT 的输出为 0。

### 6.2.2 精确配置

如果用户的使用场景对系统功耗有很高的要求，那么就必须进行精确的配置。

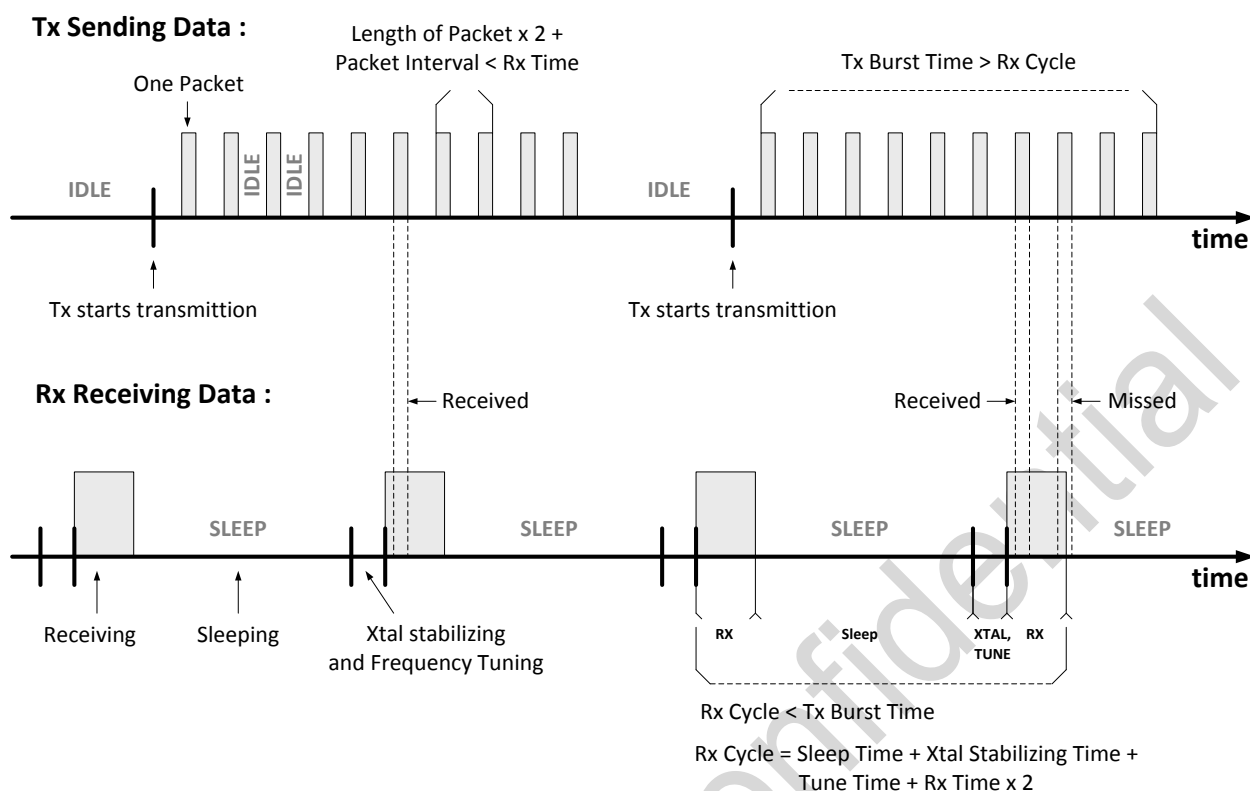


图 18. 精确配置下 Tx 和 Rx 的时序关系

在精确配置下，用户需要在数据包长度，包间隔，连续发射时间，接收时间，以及睡眠时间之间做取舍，来达到优化功耗的目的。在取舍的时候，有下面 2 项原则要坚持：

- 包长度 x 2 + 包间隔 < 接收时间
- 连续发射时间 > 接收周期（接收周期 = XTAL 稳定时间 + TUNE 时间 + 接收时间 x 2 + 睡眠时间）

**第一个原则**，保证了接收机在每次发射后至少可以捕捉到 1 个完整的数据包。通常会建议接收时间稍微设得长一点，让接收机可以成功捕捉到 2 个以上的数据包，这样方便应对噪声和干扰强烈的应用环境。

**第二个原则**，保证了至少有一个 RX 状态在一次连续发射中出现。即无论何时发射机开始了一次连续发射，接收机都可以碰上。

### 6.3 State After Rx Exit

自动接收完成后退出到的状态，一般情况下，如果用户的 MCU 不使用串口来控制芯片，那么该参数就设置为 SLEEP。如果有串口控制芯片，那就根据用户需要来设置。

## 6.4 Wake-On Radio, Wake-On Condition

WOR 技术是一种能够尽量减小接收时间窗口的技术，其目的就是在 Duty-Cycle 工作模式的基础上，进一步降低系统功耗。

表 8. Wake-On Conditions 选项解释

Wake-On Condition	选项解释	相关参数
Extended by RSSI	<p>这个选项只有在 Demod Method 选择为 Average 时才有效，因为接收机需要使用 Squelch 的功能辅助产生 RSSI 是否有效的指示。</p> <p>如果在 Rx Time 的时间窗口内监测到有效的 RSSI(芯片内部使用 Auto Squelch 产生的门限判断), Rx Time 就会停止计时, RX 状态会被无限延长,直到外部 MCU 使用 SPI 发送命令切换状态。如果监测不到,自动切换到 State After Rx Exit 定义的状态。</p>	Auto Squelch State After Rx Exit
Extended by Preamble	<p>如果在 Rx Time 的时间窗口内监测到有效的 Preamble, Rx Time 就会停止计时, RX 状态会被无限延长,直到外部 MCU 使用 SPI 发送命令切换状态。如果监测不到,自动切换到 State After Rx Exit 定义的状态。</p>	Preamble State After Rx Exit
Extended by Ext-Code	<p>如果在 Rx Time 的时间窗口内监测到有效的 Ext-Code, Rx Time 就会停止计时, RX 状态会被无限延长,直到外部 MCU 使用 SPI 发送命令切换状态。如果监测不到,自动切换到 State After Rx Exit 定义的状态。</p>	Ext-Code State After Rx Exit
Switch to Rx Ext by RSSI	<p>这个选项只有在 Demod Method 选择为 Average 时才有效，因为接收机需要使用 Squelch 的功能辅助产生 RSSI 是否有效的指示。</p> <p>如果在 Rx Time 的时间窗口内监测到有效的 RSSI(芯片内部使用 Auto Squelch 产生的门限判断), Rx Time 就会停止计时,并切换到 Rx Time Ext。当 Rx Time Ext 计时结束后,自动切换到 State After Rx Exit 定义的状态。如果监测不到,自动切换到 State After Rx Exit 定义的状态。</p>	Auto Squelch State After Rx Exit Rx Time Ext
Switch to Rx Ext by Preamble	<p>如果在 Rx Time 的时间窗口内监测到有效的 Preamble, Rx Time 就会停止计时,并切换到 Rx Time Ext。当 Rx Time Ext 计时结束后,自动切换到 State After Rx Exit 定义的状态。如果监测不到,自动切换到 State After Rx Exit 定义的状态。</p>	Preamble State After Rx Exit Rx Time Ext

Switch to Rx Ext by Ext-Code	如果在 Rx Time 的时间窗口内监测到有效的 Ext-Code, Rx Time 就会停止计时, 并切换到 Rx Time Ext。当 Rx Time Ext 计时结束后, 自动切换到 State After Rx Exit 定义的状态。如果监测不到, 自动切换到 State After Rx Exit 定义的状态。	Ext-Code State After Rx Exit Rx Time Ext
------------------------------	---	--

6.5 应用实例

下面举一些例子, 让用户更容易明白如果使用这些计时器和 WOR 的功能。

6.5.1 实例 1: 自动睡眠唤醒

该例子只适合带 SPI 的 CMT2217B 型号。

表 9. 实例 1 的配置

参数	选项	参数	选项
Chip Default Mode	Manual	State After Rx Exit	忽略
Sleep Timer	Off	Sleep Time	500 ms
RX Timer	Off	RX Time, RX Time Ext	忽略
Wake-On Radio	Off	Wake-On Condition	忽略

在这个例子中, 睡眠计时器设置为 500 ms。接收状态的进入和退出, 是完全依靠外部 MCU 通过 SPI 控制的。

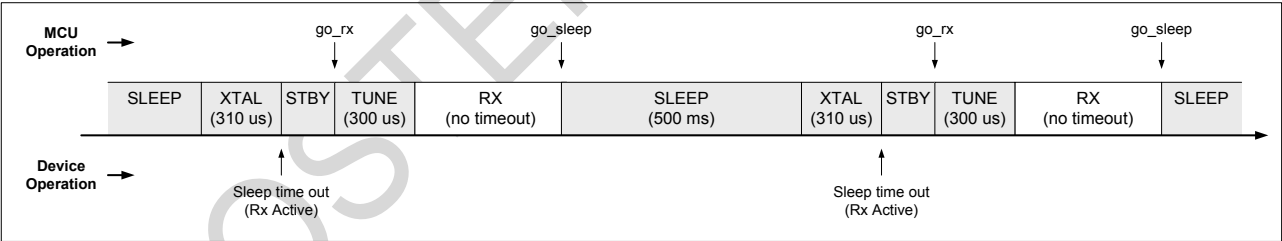


图 19. 实例 1 的行为

上图中的 MCU Operation 表示需要 MCU 通过 SPI 发送命令来完成的操作。Device Operation 是接收机自动完成的操作。

当接收机从 SLEEP 醒来之后, 就自动切换到 STBY 状态, 并同时产生一个睡眠唤醒的中断信号给 MCU。MCU 发送 go\_rx 命令来将接收机切换到 RX 状态, 在那之前, 接收机大概要花费 300 us 的时间来完成频率校准和锁定的工作。MCU 可在任何时候发送 go\_sleep 命令让接收机切换回 SLEEP 状态。

6.5.2 实例 2：自动睡眠唤醒+自动退出接收

该例子只适合带 SPI 的 CMT2217B 型号。

表 10. 实例 2 的配置

参数	选项	参数	选项
Chip Default Mode	Duty-Cycle	State After Rx Exit	STBY
Sleep Timer	On	Sleep Time	500 ms
RX Timer	On	RX Time, RX Time Ext	50 ms, Ignored
Wake-On Radio	Off	Wake-On Condition	忽略

在这个例子中，睡眠时间和接收时间分别设为 500 ms 和 50 ms。

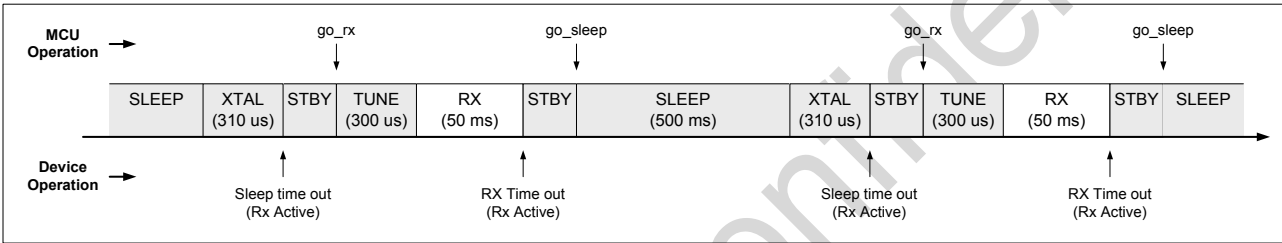


图 20. 实例 2 的行为

当接收机从 SLEEP 醒来后自动切换到 STBY，并同时通过 GPO 发送唤醒中断给 MCU。MCU 得知接收机唤醒后，发送 go\_rx 命令来将它切换到 RX 状态进行接收。在那之前，接收机大概要花费 300 us 的时间来完成频率校准和锁定的工作。

在 RX 状态下，过 50 ms 后接收机会自动退出 RX 状态并切换到由 State After Rx Exit 定义的状态，并同时通过 GPO 发送中断通知 MCU。MCU 得知后发送 go\_sleep 命令让接收机切换得回 SLEEP 状态。

6.5.3 实例 3：全自动 Duty-Cycle

该例子适合所有型号。

表 11. 实例 3 参数配置

参数	选项	参数	选项
Chip Default Mode	Duty-Cycle	State After Rx Exit	SLEEP
Sleep Timer	On	Sleep Time	500 ms
RX Timer	On	RX Time, RX Time Ext	50 ms, Ignored
Wake-On Radio	Off	Wake-On Condition	忽略

在使用这种模式时，无需外部 MCU 配置和操控芯片。接收时间设置为 50 ms，我们可以假设这个时间足够接收数据包。

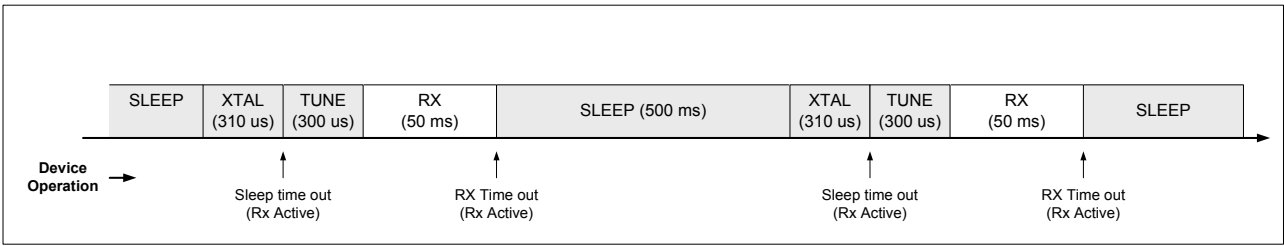


图 21. 实例 3 的行为

如果是 CMT2217B 型号，外部 MCU 仅需要使用从 GPO 输出的 Rx\_Active 信号来观察芯片的状态，以便接收数据。如果是其它型号，可以使用静音功能，让 DOUT 在没有有效信号的时候为 0，这样就可以使用 DOUT 管脚来唤醒 MCU 来接收数据。

6.5.4 实例 4：用 Preamble 延长接收时间

该例子只适合带 SPI 的 CMT2217B 型号。

表 12. 实例 4 的参数配置

参数	选项	参数	选项
Chip Default Mode	Duty-Cycle	State After Rx Exit	SLEEP
Sleep Timer	On	Sleep Time	500 ms
RX Timer	On	RX Time, RX Time Ext	10 ms, 忽略
Wake-On Radio	On	Wake-On Condition	Extended by Preamble

在 Duty-Cycle 模式上加上 WOR 的功能，能够进一步降低系统的平均功耗。在这个例子里，接收时间设置为 10 ms，远远小于数据包的时长。睡眠时间仍然设为 500 ms。

当没有有效信号的时候，接收机得到行为跟实例 3 几乎一样，在 SLEEP 和 RX 之间循环切换，但是 RX 的时间只有 10 ms，我们可以认为这个时间足够接收机捕捉 Preamble，但无法接收完整的数据包。由于 RX 的时间远远小于实例 3，这样就大大地降低了功耗。这时接收机处于“监听”模式，用于监听是否有有效信号。

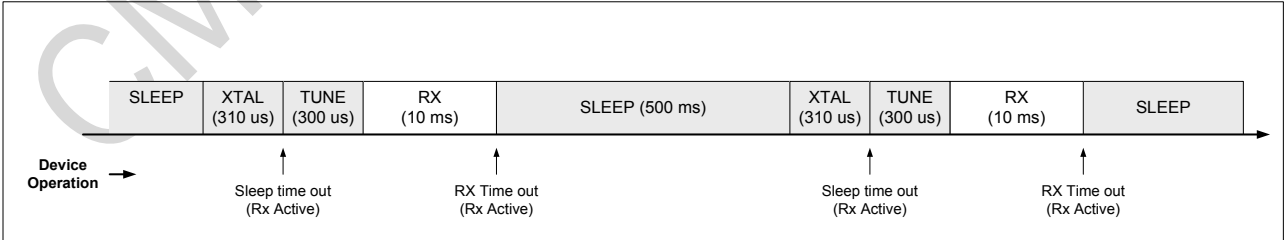


图 22. 实例 4 的行为- 缺少有效信号的时候

如果一个有效的 Preamble 被探测到了，接收机就会停止 Rx Timer 的计时，并无限延长接收时间，直到 MCU 发送切换状态的命令为止。当接收时间延长后，就可以接收到完整的数据包了。当 MCU 接受完所有需要

的数据后，就发送 `go_sleep` 命令将接收机切换回睡眠状态。

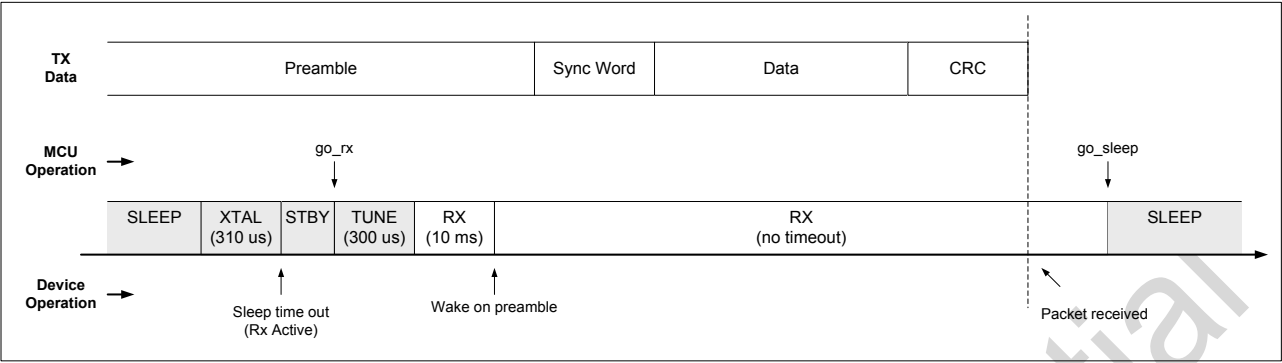


图 23. 实例 4 的行为- 有效信号出现的时候

当 Wake-On Condition 设为“Extended by RSSI”的时候，接收机的监听对象就变成了有效的 RSSI。有效的 RSSI，会出现在当信号强度比设置的 Auto Squelch 门限大的时候。

当 Wake-On Condition 设为“Extended by Ext Code”的时候，接收机的监听对象就变成了 8 位的任意码值，对于某些数据包不包含 Preamble 的应用，这种设置就会非常有用。

6.5.5 实例 5：用 Preamble 切换接收时间

该例子适合所有型号。

表 13. 实例 5 的参数配置

参数	选项	参数	选项
Chip Default Mode	Duty-Cycle	State After Rx Exit	SLEEP
Sleep Timer	On	Sleep Time	500 ms
RX Timer	On	RX Time, RX Time Ext	10 ms, 100 ms
Wake-On Radio	On	Wake-On Condition	Switched to Rx Ext by Preamble

这个例子与实例 4 类似，在没有有效信号的时候，接收机在 RX 和 SLEEP 之间循环并监听 Preamble。

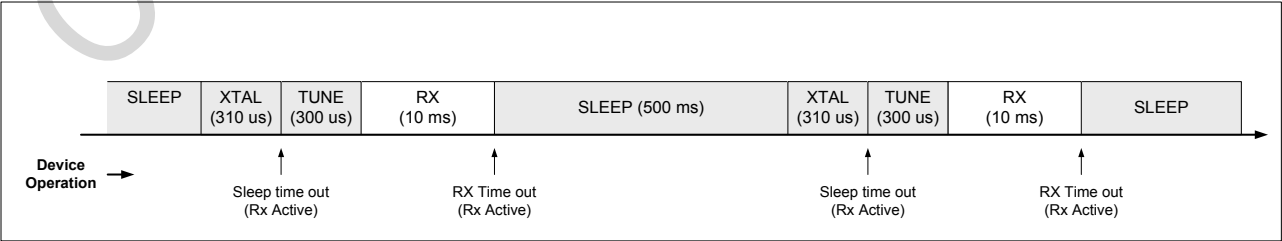


图 24. 实例 5 的行为- 缺少有效信号的时候



当监测到 Preamble 的时候，接收机停止了 Rx Timer 的计时，切换到 Rx Timer Ext 的计时。Rx Timer Ext 计时结束后会自动切换到 SLEEP 状态。这样对比起实例 4，MCU 无需参与切换接收机的状态。用户需要保证的是，设置的 Rx Timer Ext 时间能够让接收机顺利接收所有想要得到数据包。如果是 CMT2217B 型号，MCU 可以通过 GPO 输出的 Rx Active 与接收机同步操作。

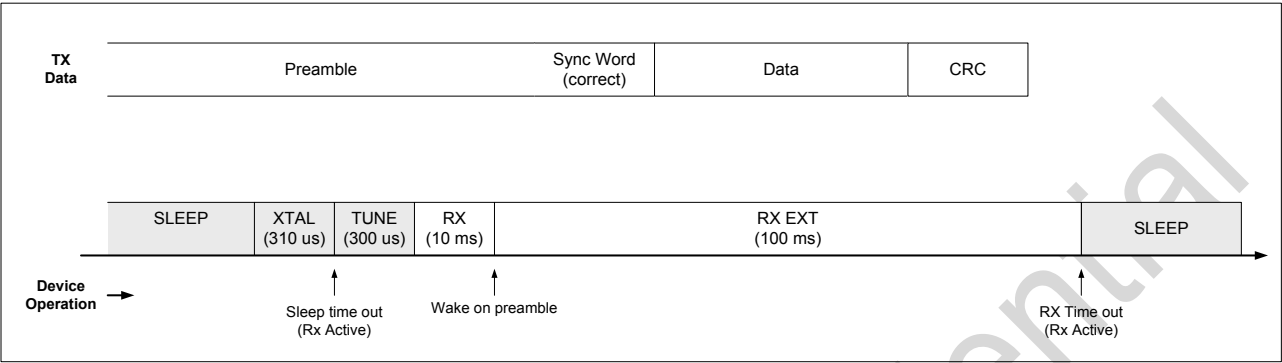


图 25. 实例 5 的行为- 有效信号出现的时候

6.6 GPO Config, GPO Invert

GPO 只在 CMT2217B 型号提供，可以配置为 Rx Active, Data Clock, System Clock 和 LBD 等 4 个功能之一。GPO Invert 可以反转 GPO 输出的极性。

6.6.1 Rx Active

Rx Active 用于指示当前接收机在 TUNE 和 RX 状态。当 GPO 极性不取反的时候，GPO 在 TUNE 和 RX 的时候保持高电平，在其它时候保持低电平，如图所示：

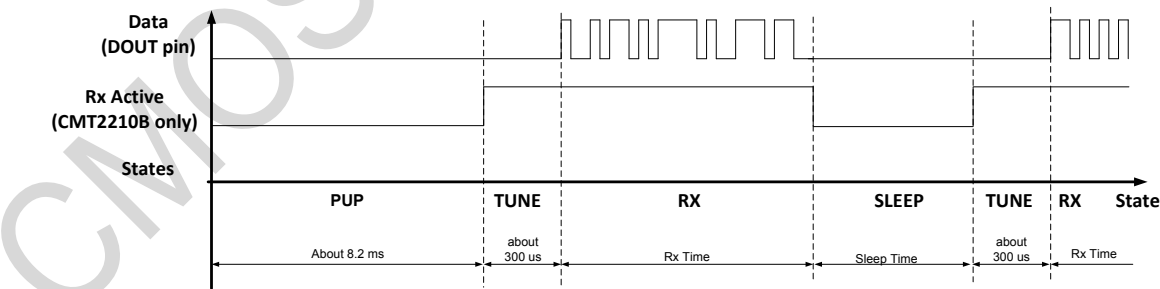


图 26. Rx Active, GPO Invert Off

6.6.2 System Clock

如果 GPO 被配置成 System Clock，那它就会输出一个连续的时钟，该时钟是由晶体时钟分频得到，分频

系数是 2,4,8..64。从 RFPDK 上用户可以直接选择想要的频率。该时钟只会在 TUNE 和 RX 状态输出。

### 6.6.3 Data Clock

这是与解调数据同步的时钟，可帮助 MCU 同步采样 DOUT。默认状态下同步时钟是关闭的，因为它要求发射机和接收机双方的数据率最大误差要小于 10%，对于很多应用来说这不是必须的通讯条件。

但如果用户选择使用了与 Preamble 或 Ext-Code 相关的 WOR 触发条件条件，这意味着接收机要做解码的工作，在这种情况下数据率误差会比较小（否则不能使用这种 WOR 方式），因此同步时钟就会自动打开，这时用户可以把它配置到 GPO 上使用。

### 6.6.4 LBD

当 LBD 被选择使用时，接收机会在电源电压高于 2.4V 时在 GPO 输出高电平，否则输出低电平。

## 7 文档变更记录

表 14. 文档变更记录表

版本号	章节	变更描述	日期
0.1	全部	初始版本发布	2017-09-26
0.2	全部	修改格式	2017-11-12
0.3		删除 AN173 文档描述，因为没有这份文档	2018-06-28

## 8 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.