

MCD2005TX/RX

内置 VCO 锁相环

数据/语音收发芯片组

100MHz ~ 500MHz

产品规格书

版本 V1.3

| 版本 | 出版时间 | 备注 |
|------|------------|--|
| 初版 | 2006/05/28 | 初版 V1.0 |
| V1.1 | 2007/07/06 | 更新测试参数 |
| V1.2 | 2007/08/08 | 更新工作电压 |
| V1.3 | 2007/12/12 | 加入相位噪声、谐波参数, 改换封装为宽体 SSOP20L, 合并 RX 规格书。 |

1. 描述

MCD2005TX/RX 是一对具备 MCU 选频功能的多信道数据/语音接收发射芯片组，包括一颗发射芯片(TX)和一颗接收芯片(RX)，频率覆盖 100MHz-500MHz。RX 芯片由一个压控振荡器 (VCO)、一个频率综合器 (Frequency Synthesizer)、一个晶体振荡器、一个 MCU 控制串行接口等电路组成，在接收器中作本振源，提供幅度为-5dBm 的射频功率。TX 芯片除了拥有以上 RX 芯片包括的功能模块外，还有一个 RF 功率放大器，能够为 50 欧姆的负载提供典型值为 6dBm 的射频功率。片上集成 VCO 和分频器加上片外电感、变容管、和 LPF 构成一个完整的锁相环 (PLL)，用户只需根据频率要求使用外接 MCU 设置内部分频器就可以实现锁相功能。产品应用证明 MCD2005TX/RX 在 2.7V 至 4.5V 电压范围、-40 度至+85 度温度范围之间工作稳定。

2. 应用范围

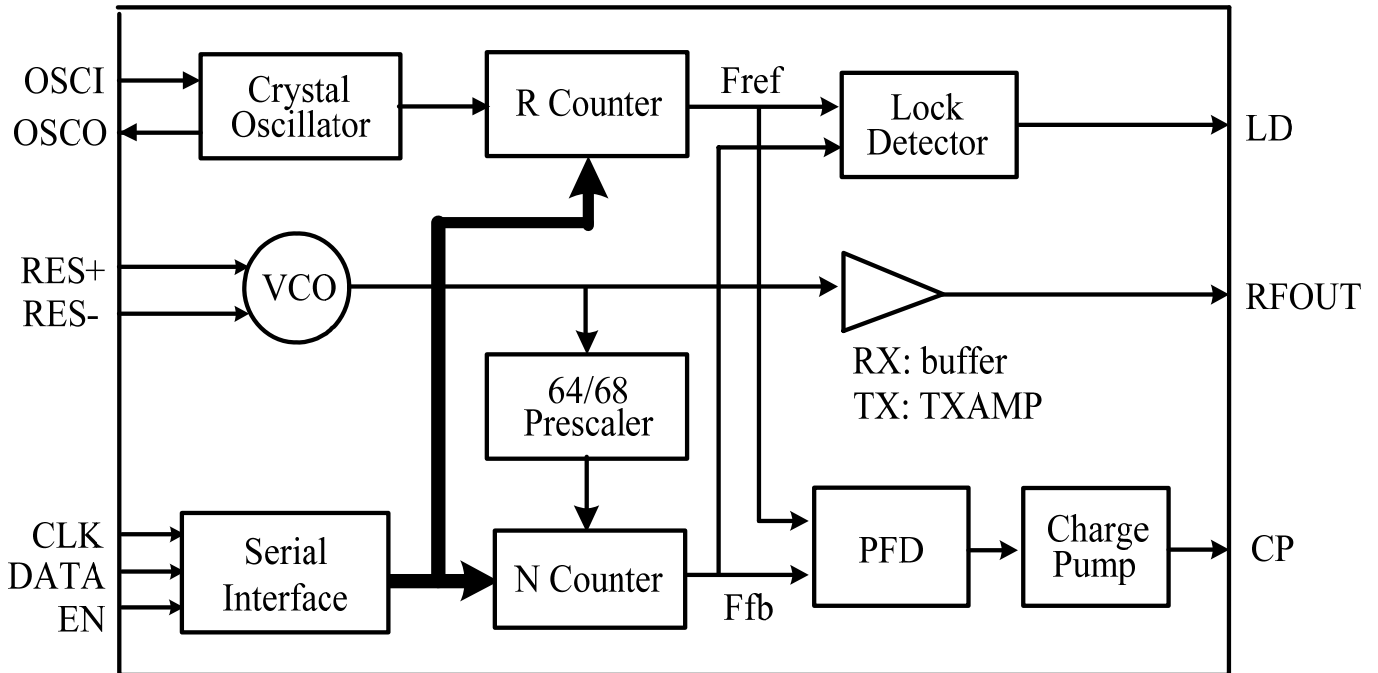
- 数据传输测控
- 移动通讯直放站

3. 特点及指标

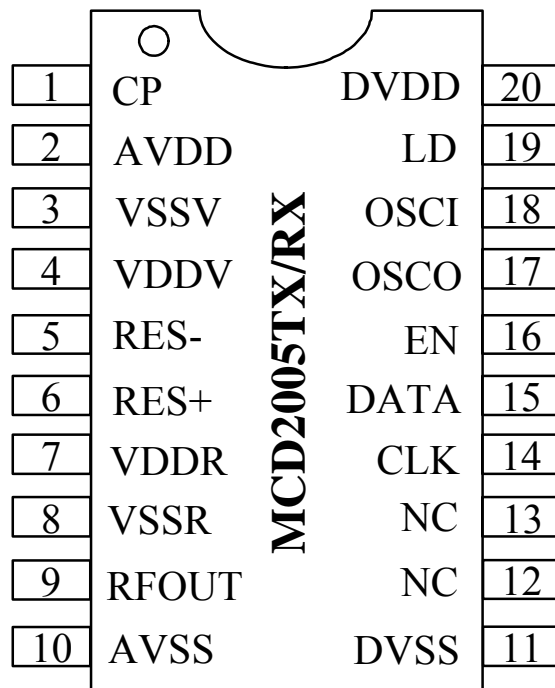
3.1 特点

- 1) 频率范围：100MHz ~ 500MHz
- 2) 工作电压范围：2.7 ~ 4.5V (3.3V 典型)
- 3) 晶体频率：4 ~ 25MHz
- 4) 锁定检测功能：高电平为锁定状态
- 5) 工作电流：
MCD2005TX：典型值 17mA@3.3V, 223MHz
MCD2005RX：典型值 13mA@3.3V, 201.6MHz
- 6) 输出功率 (50Ω 负载)：
MCD2005TX：6dBm@223MHz
MCD2005RX：-5dBm@201.6MHz
- 7) 射频信号失真度：< 1%
- 8) 相位噪声：50Hz 环路带宽，10KHz 频偏处相位噪声为-102dBc/Hz
- 9) 发射调制模式：数据/语音
- 10) 发射调制频偏：可达到 5KHz
- 11) 调制速率：300bps ~ 9.6Kbps (5KHz 调制频偏)
- 12) 调制频响：50Hz - 20KHz
- 13) 封装形式：SSOP-20L

3.2 功能方框图



3.3 引脚说明



| 脚位 | 标识 | I/O | 描述 |
|-------|-------|-----|--|
| 1 | CP | O | 电荷泵的输出。由环路滤波器转换为电压控制 VCO 的频率。 |
| 2 | AVDD | I | 模拟电路电源(2.7V-4.5V)。 |
| 3 | VSSV | I | VCO 的地端。 |
| 4 | VDDV | I | VCO 的电源(2.7V-4.5V)。 |
| 5 | RES- | I | RES 是 VCO 的直流偏置端，连接片外电感和变容管，调谐 VCO 频率。5 脚和 6 脚要接等值电容。 |
| 6 | RES+ | I | 同上。 |
| 7 | VDDR | I | 功率放大器电源(2.7V-4.5V)。 |
| 8 | VSSR | I | 功率放大器地端。 |
| 9 | RFOUT | O | 功率输出端，TX 输出阻抗为 50 Ω，功率典型值为 6dBm@223MHz，RX 输出阻抗为 40~100Ω，功率典型值为 -5dBm@201.6MHz。 |
| 10 | AVSS | I | 模拟电路地端。 |
| 11 | DVSS | I | 数字电路地端。 |
| 12,13 | NC | - | 悬空。 |
| 14 | CLK | I | 时钟输入端。数据在时钟的上升沿输入到串行接口的18位移位寄存器中。 |
| 15 | DATA | I | 串行数据输入端。最低位首先输入，最后两位是组别码。 |
| 16 | EN | I | 使能输入端。当EN 为高电平时，存储在移位寄存器中的数据装载到两个计数器中的一个（由组别码决定）。 |
| 17 | OSCO | O | 晶体振荡器的输出端。连接至晶体的一端。 |
| 18 | OSCI | I | 晶体振荡器的输入端。连接至晶体的另一端。 |
| 19 | LD | O | 锁定检测输出端。环路锁定时，LD输出为高电平。 |
| 20 | DVDD | I | 数字电路电源(2.7-4.5V)。 |

3.4 推荐工作条件

| 参数 | 标号 | 数值 | | | 单位 |
|------|----------------|-----|-----|-----|----|
| | | 最小值 | 典型值 | 最大值 | |
| 工作电压 | VDD | 2.7 | 3.3 | 4.5 | V |
| 工作温度 | T _A | -40 | 27 | +85 | °C |

3.5 电气特性 (如无特殊说明，测试条件为 VDD=3.3V, -40°C ≤ T_A ≤ +85°C)

| 参数 | 测试条件 | 数值 | | | 单位 |
|-------------|------|-------------|--------|-----|-----|
| | | 最小值 | 典型值 | 最大值 | |
| 一般特性 | | | | | |
| 工作频率 | | 100 | 223 | 500 | MHz |
| 工作电流 | TX | 锁定 223MHz | 17 | | mA |
| | | 锁定 433MHz | 19 | | |
| | RX | 锁定 201.6MHz | 13 | | |
| | | 锁定 411.6MHz | 14 | | |
| 晶体频率 | | 4 | | 25 | MHz |
| 调制方式 | | | FSK/FM | | |

| | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------|------|---------|--------|
| 电荷泵电流 | | | ±800 | | uA |
| 逻辑信号低电平 | | 0.1 | | 0.3 | V |
| 逻辑信号高电平 | | 0.8VDD | | VDD | V |
| 射频特性 | | | | | |
| 输出阻抗 | TX | | | 50 | Ω |
| | RX | 201.6MHz | | 100 | |
| | | 411.6MHz | | 40 | |
| 输出功率 (50 Ω 负载) | TX | 锁定 223MHz | | 6 | dBm |
| | | 锁定 433MHz | | 3 | |
| | RX | 锁定 201.6MHz | | -5 | |
| | | 锁定 411.6MHz | | -6 | |
| 相位噪声 (50Hz 环路带 宽) | TX: 223MHz | 1k 频偏 | | -71 | dBc/Hz |
| | | 10k 频偏 | | -102 | |
| | | 100k 频偏 | | -122 | |
| | TX: 433MHz | 1k 频偏 | | -72 | |
| | | 10k 频偏 | | -99 | |
| | | 100k 频偏 | | -119 | |
| | RX: 201.6MHz | 1k 频偏 | | -73 | |
| | | 10k 频偏 | | -102 | |
| | | 100k 频偏 | | -121 | |
| | RX: 411.6MHz | 1k 频偏 | | -74 | |
| | | 10k 频偏 | | -98 | |
| | | 100k 频偏 | | -118 | |
| 谐波抑制 (50 欧负载, 匹 配电路如应用 电路所示) | TX: 223MHz | 二次谐波 | | -38 | dBm |
| | | 三次谐波 | | -41 | |
| | TX: 433MHz | 二次谐波 | | -63 | |
| | | 三次谐波 | | -51 | |
| | RX: 201.6MHz | 二次谐波 | | -57 | |
| | | 三次谐波 | | -65 | |
| RX: 411.6MHz | 二次谐波 | | -59 | | |
| | 三次谐波 | | -58 | | |
| VCO 增益 (变容管 BB149) | 振荡在 223MHz 左右 | | | 6~8 | MHz/V |
| | 振荡在 433MHz 左右 | | | 19~26 | |
| VCO 控制电压 | | 0.5 | | VDD-1.0 | V |
| 调制特性(TX) | | | | | |
| 调制速率 | 5KHz 调制频偏 | | 300 | 9.6K | bps |
| 调制频响 | | | 50 | 20K | Hz |
| 调制频偏 | 55mV 输入, 锁定 223MHz | | ±3 | | KHz |
| 调制信噪比 | 3KHz 调制频偏, 300-3KHz BPF, 锁定 223MHz | | 42 | | dB |
| 失真度 | AF 解调 | | | 1 | % |

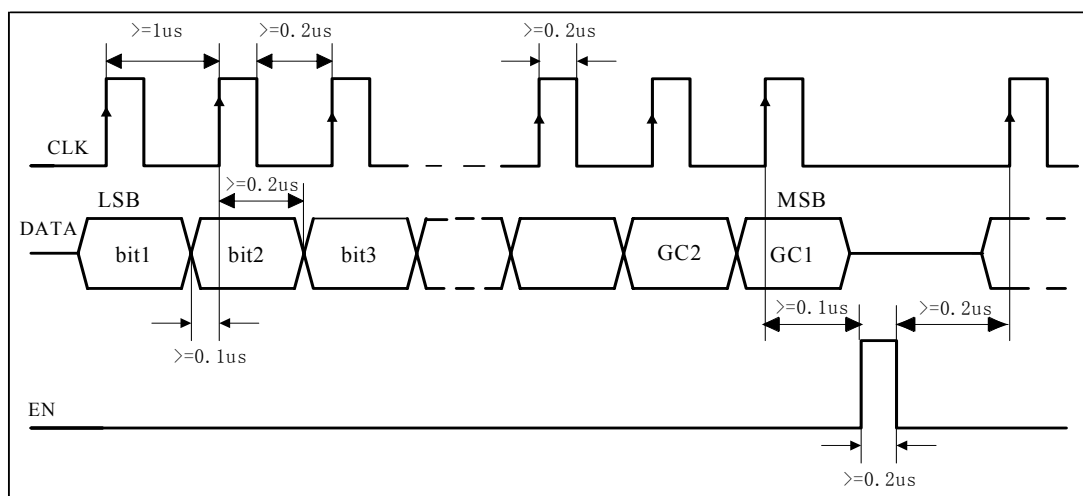
4. 功能描述

4.1 数据串行接口

端口 CLK、DATA 和 EN 为串行数据输入口。二进制串行数据从 DATA 端口进入，通过串-并接口转换为并行数据，由组别码判断数据依次送入参考分频计数器，或者通道分频计数器。

每一位数据在 CLK 信号的上升沿读入内部的移位寄存器，首先读入的配置数据是 LSB（最低位），最后两位（组别码）用以解码内部寄存器地址。在 EN 信号的上升沿，移位寄存器中的数据载入到由组别码确定的锁存器中。

CLK, DATA 和 EN 信号的时序应遵从下图所示。



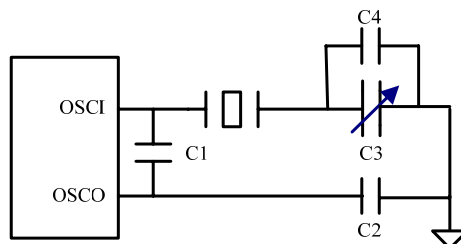
- 注意：**
- (1) LSB 数据先送入移位寄存器。
 - (2) 上电时，通常先配置参考分频器，再配置通道分频器。

组别码分配:

| 组别码 | | 所控计数器 |
|-----------|-----------|----------------|
| GC1 (MSB) | GC2 (LSB) | |
| 0 | 0 | 控制寄存器(只供功能测试用) |
| 1 | 0 | 通道计数分频器 |
| 1 | 1 | 参考计数分频器 |

4.2 晶体振荡器

锁相环的参考频率是由一个片外的晶体与接在 OSC1 脚和 OSCO 脚的几个电容产生的。片外电容 C1、C2、C3 和 C4 用以设置正确的晶体负载和振荡频率。



4.3 参考分频器 (R counter)

参考分频器为 PFD (鉴频鉴相器) 提供参考频率, 包括一个固定 2 分频器和一个 10 位的可编程分频器。10 位分频器的分频数范围为 3~1023。由于有一个固定 2 分频, 参考分频器的分频数范围为 6~2046。详细描述请参考可编程描述部分。

4.4 反馈分频器 (N counter)

通道的 N counter 的时钟信号是由 VCO 振荡的 RF 信号产生的。一个 N counter 包括一个分频范围为 0~15 的 4 位 swallow counter 和一个 12 位的分频范围为 3~4095 的 pulse counter。加上 64/68 的前置分频, 总反馈通道分频数范围为 192~262140。为了能让前置分频器正常分频, pulse counter 的分频比 B 要大于或等于 swallow counter 的分频比 A。详细描述请参考可编程描述部分。

4.5 前置分频器

MCD2005TX/RX 的前置分频器由一个前置放大器、两个电流模逻辑二分频器和一个 CMOS 的 16/17 双模分频器组成。前置分频器为随后的 CMOS 的 N counter 提供时钟。

4.6 鉴频鉴相器 (PFD)

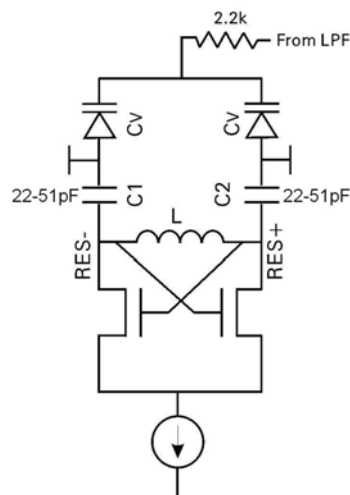
鉴频鉴相器比较参考分频器 (R counter) 和反馈分频器 (N counter) 各自送出的信号频率和相位, 输出 CMOS 信号控制电荷泵。电荷泵送一个反馈信号到鉴频鉴相器用以消除死区。

4.7 电荷泵

电荷泵对外部环路滤波器充电或放电是由鉴频鉴相器输出的极性控制来决定的。环路滤波器把电荷转换为 VCO 的控制电压, 电荷泵牵引其输出 CP 到 VDD(Pump up)或 GND(Pump down)。电荷泵的电流为 800uA。在锁定情况下, CP 端处于微小调整的三态输出状态。

4.8 VCO

VCO 是一个自偏置的栅极和漏极交叉耦合结构的双端放大器 (如下图所示), 这样的结构实现了正反馈和一个 360° 的相位转换。VCO 由片外的一个电感、两个电容、两个变容二极管和片上电路组成。用户可自由地根据频率需要选取电感和电容值。VCO 的输出分别送到功率放大器 TXAMP 和隔离输出到前置分频器进行分频, 再与参考频率进行比较。



VCO 振荡的调试按照以下步骤进行。首先, 开环, 建立 VCO 振荡 (如上图所示)。连接在 5、6 (RES-、RES+) 脚的两个电容 C1、C2 推荐取值为 22-51pF (锁定在 223MHz 为例), 两脚间的电感根据下式计算取值。

$$L = \left(\frac{1}{2\pi f}\right)^2 \frac{1}{C}$$

$$C = C1 \text{ or } C2 // C_v$$

Cv: 变容二极管电容, 由变容管负端电压决定, 查看变容管规格书

上式中, C 的值由 C1/C2、变容管电容和寄生电容决定, 粗略计算时, 寄生电容可以忽略。

令变容管负端为 0V, 测出 VCO 的振荡频率 F1, 再令变容管负端为电源电压, 测出 VCO 的振荡频率 F2。如此测出的 F1 和 F2 频率就是在现有的电容电感配置下, VCO 能够调节的最大频率范围。用户需要确定所需的频率在 VCO 振荡范围内, 处于频率范围中间最佳。

然后, 连接环路滤波器, 构成环路 (如参考电路图所示)。此时变容管负端电压会由接入的环路滤波器进行闭环调节, 最终稳定在一个固定电平, 实现锁定。用户需要确定环路滤波器的电平在 VCO 的锁定控制电压范围内。

如果在 TXVCO 振荡端接一个电容到地, MCD2005TX 将输出一个与发射频率差一个中频的 VCO 信号, 可用在接收电路作本振源。通过电容的接入和断开, 一颗 MCD2005TX 可以在两个 VCO 之间进行切换, (详见参考应用电路图 1)。但是此方法的带宽有限, 适用于发射接收频率差不超过 10.7MHz 的系统。如果系统中频超过 10.7MHz, 而且频率带宽要求 20MHz 以上, 发射接收就需要分别使用一颗 TX 和一颗 RX 芯片实现, (详见参考应用电路图 2)。

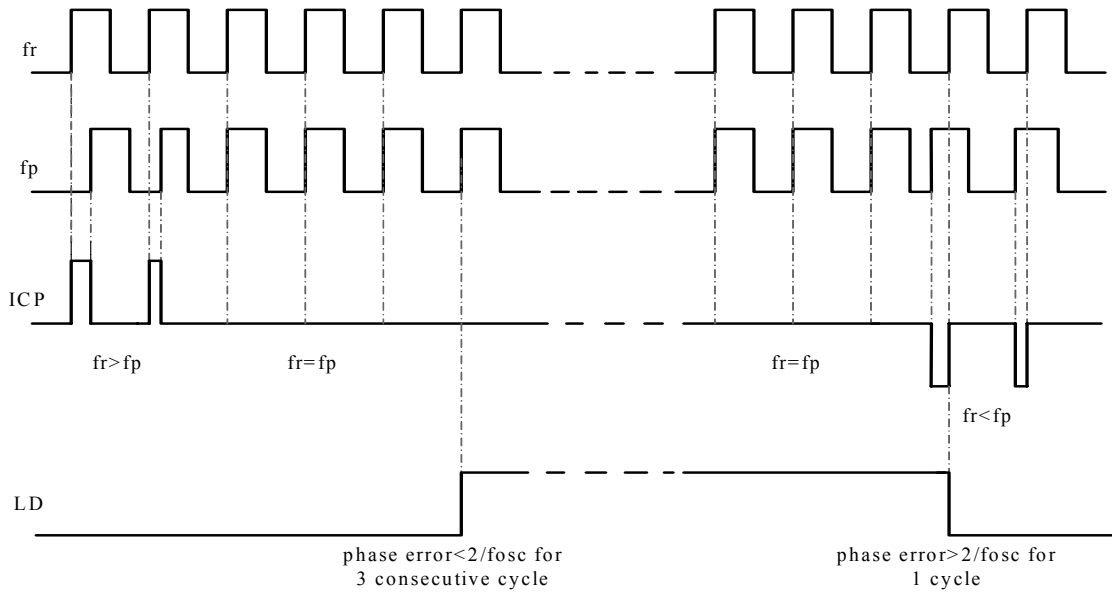
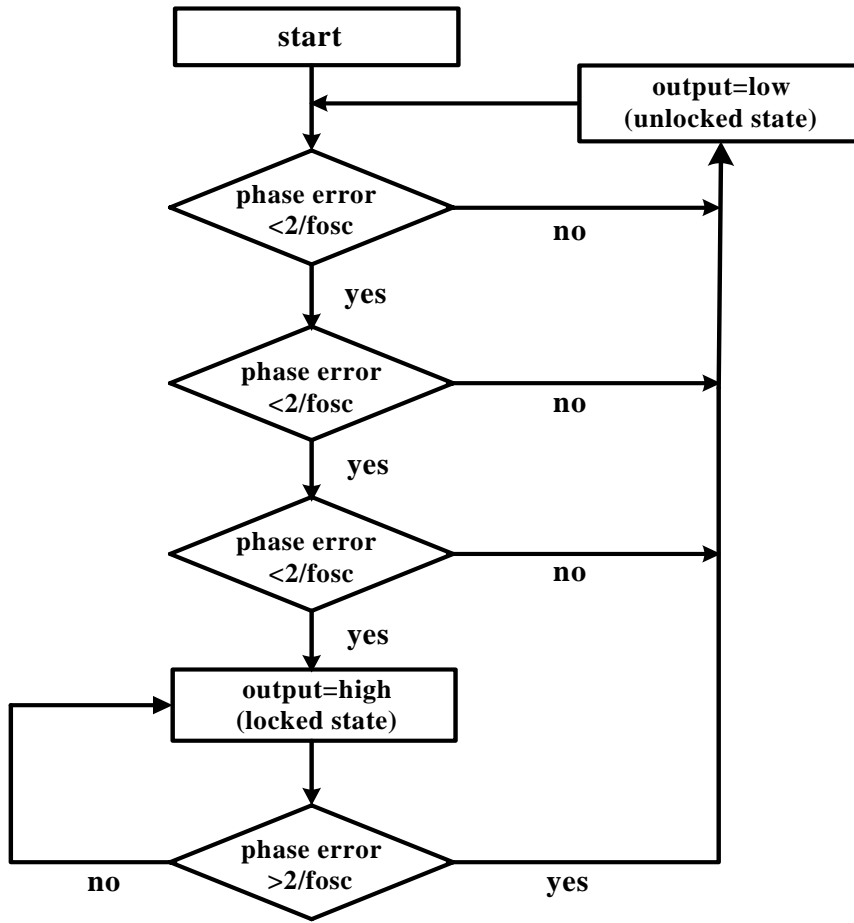
4.9 TXAMP

功率放大器是一个输出放大级。RX 中此放大器仅是一个缓冲器, 为 40~100Ω 的负载提供 -6 ~ -3dBm 的功率输出。如果 RX 负载是 50Ω, 用户需要加入匹配网络进行阻抗匹配 (参见应用电路图)。3.3V 供电电压下, 锁定 223MHz, TX 为 50Ω 负载提供 6dBm 的输出功率。

4.10 锁定检测

每个鉴频鉴相器通过一个内部的数字滤波器产生一个逻辑电平, 从 LD 引脚输出。当鉴频鉴相器的两个输入相位误差连续 3 个周期都小于 $2/f_{osc}$ 时, 锁定检测输出为高电平, 表示环路锁定。在锁定状态下, 如果一个周期内出现相位误差大于 $2/f_{osc}$, 锁定检测立即输出为低电平, 表示环路失锁。fosc 是晶体振荡器的频率。

下两图示出锁定检测的步骤及时序。



5. 可编程计数器

5.1 参考分频计数器 R

参考分频计数器为 PLL 提供参考频率，包括一个 2 分频器和一个 10 位可编程分频器。10 位分频器的分频范围为 3~1023，加上固定的 2 分频，参考分频器总的分频数范围为 6~2046。

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-------|-------|-----|--|
| LSB | | | | | | | | | | 配置字 | | MSB | |
| R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 | GC2=1 | GC1=1 | | |

可编程 10 位计数器的分频数：

| 分频数 (R) | R10 | R9 | R8 | R7 | R6 | R5 | R4 | R3 | R2 | R1 |
|---------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| 1023 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

$$R = R1 \times 2^0 + R2 \times 2^1 + \dots + R10 \times 2^9 \quad (R \geq 3)$$

总的分频数范围：6 至 2046。

5.2 通道分频计数器 N

这个可编程分频器由一个 4 位 SWALLOW 计数器和一个 12 位 PULSE 计数器构成，和 64/68 的前置分频器一起形成的分频范围为 192~262140。

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----|----|----|---------------------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------|-------|-----|--|
| LSB | | | | | | | | | | | | | | | | 配置字 | | MSB | |
| N1 | N2 | N3 | N4 | N5 | N6 | N7 | N8 | N9 | N10 | N11 | N12 | N13 | N14 | N15 | N16 | GC2=0 | GC1=1 | | |
| -----swallow 计数器----- | | | | -----pulse 计数器----- | | | | | | | | | | | | -----组别码----- | | | |

Swallow 计数器的分频数(A)

| 分频数 (A) | N4 | N3 | N2 | N1 |
|---------|----|----|----|----|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| ● | ● | ● | ● | ● |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 1 |

$$A = N1 \times 2^0 + N2 \times 2^1 + \dots + N4 \times 2^3$$

分频数范围：0 至 15

Pulse 计数器的分频数(B)

| 分频数 (B) | N16 | N15 | N14 | N13 | N12 | N11 | N10 | N9 | N8 | N7 | N6 | N5 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| 4095 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

$$B = N5 \times 2^0 + N6 \times 2^1 + \dots + N16 \times 2^{11}$$

分频数范围: 3 至 4095 ($B \geq A$)

N 计数器总的分频数:

$$N = 4 \times (16 \times B + A) \quad (B \geq A)$$

分频数范围: 192 至 262140

6. 举例

例子 1: 从 20MHz 晶体得到一个 25KHz 的参考频率

- 总分频数 $2R = 20\text{MHz} \div 25\text{KHz} = 800$
- 可编程分频数 $R = 800 \div 2 = 400$
- 二进制格式(10bit) $R=0110010000$
- 参考分频器的组别码 “11”
- 配置字(12bit) “110110010000”

LSB (先送入寄存器) → MSB

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

例子 2: 从 25KHz 的参考频率合成一个 223MHz 的 VCO 频率

- 参考频率 25KHz (见例 1)
- 总分频数 $4 \times (16 \times B + A) = 223\text{MHz} \div 25\text{KHz} = 8920$
- $16 \times B + A = 2230$
- Pulse 计数器分频数 (取整) $B = \text{Int}(2230 \div 16) = 139$
- 二进制格式(12-bit) $B = 000010001011$
- Swallow 计数器分频数 $A = 2230 - 16 \times 139 = 6$
- 二进制格式(4bit) $A=0110$
- N 分频器的组别码 “10”
- 配置字(18bit) “100000100010110110”

LSB (先送入寄存器) → MSB

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

7. 典型应用电路及参数

参考电路图 1 (TXVCO 锁定 223MHz、433MHz)

(RXVCO 由 C9 和 Q1 实现转换, RXVCO 与 TXVCO 差频 10.7MHz)

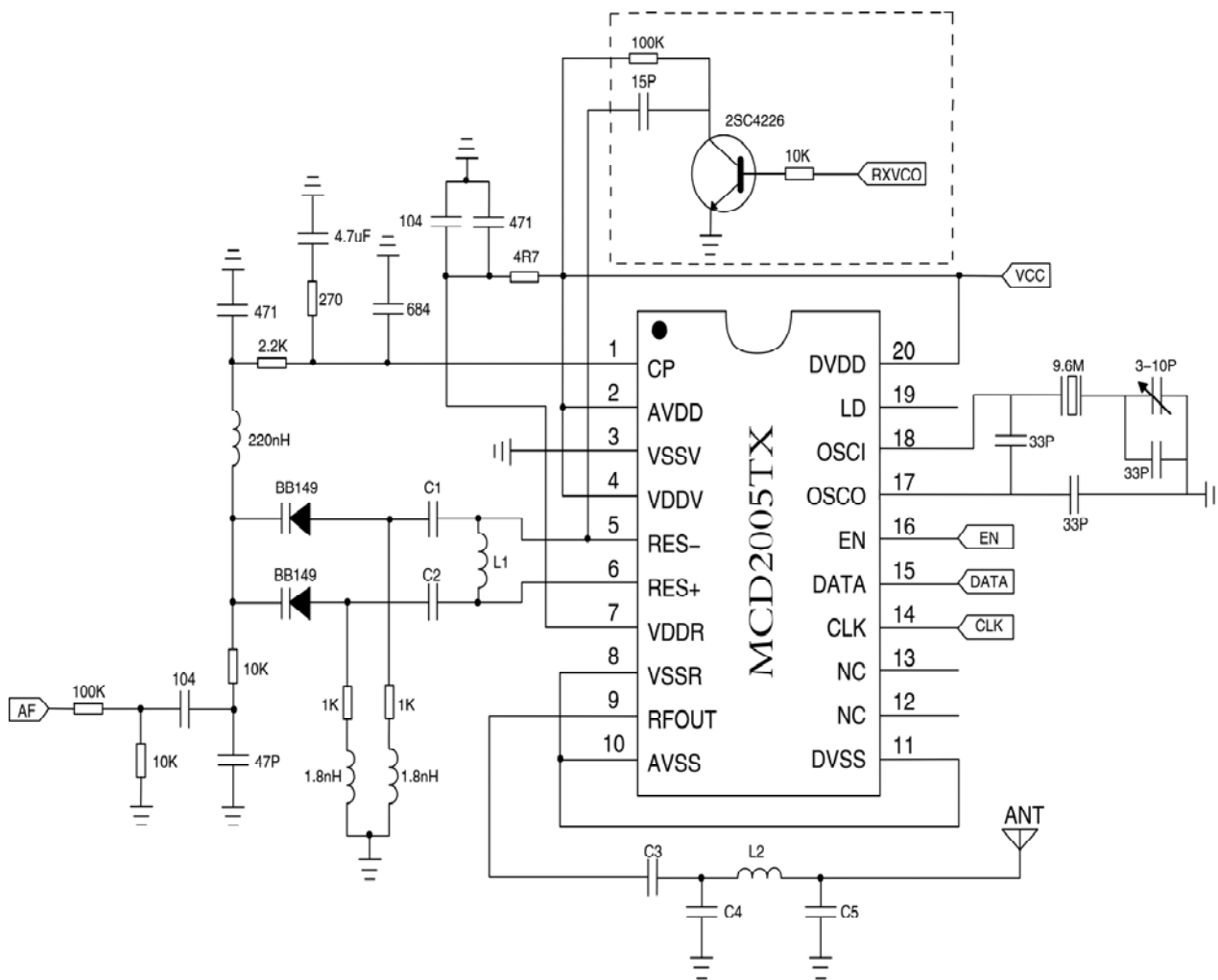


表 7-1:

| TX 频率 | VCO 振荡元件参数 | | | RF 输出网络匹配元件参数 | | | |
|--------|------------|------|------|---------------|-------|------|-------|
| | L1 | C1 | C2 | C3 | C4 | L2 | C5 |
| 223MHz | 56nH | 33pF | 33pF | 470pF | 8pF | 39nH | 8pF |
| 433MHz | 15nH | 27pF | 27pF | 470pF | 6.8pF | 18nH | 6.8pF |

参考电路图 2

(TXVCO 锁定 223MHz、433 MHz, RXVCO 锁定 201.6MHz、411.6MHz, 与 TXVCO

差频 21.4MHz)

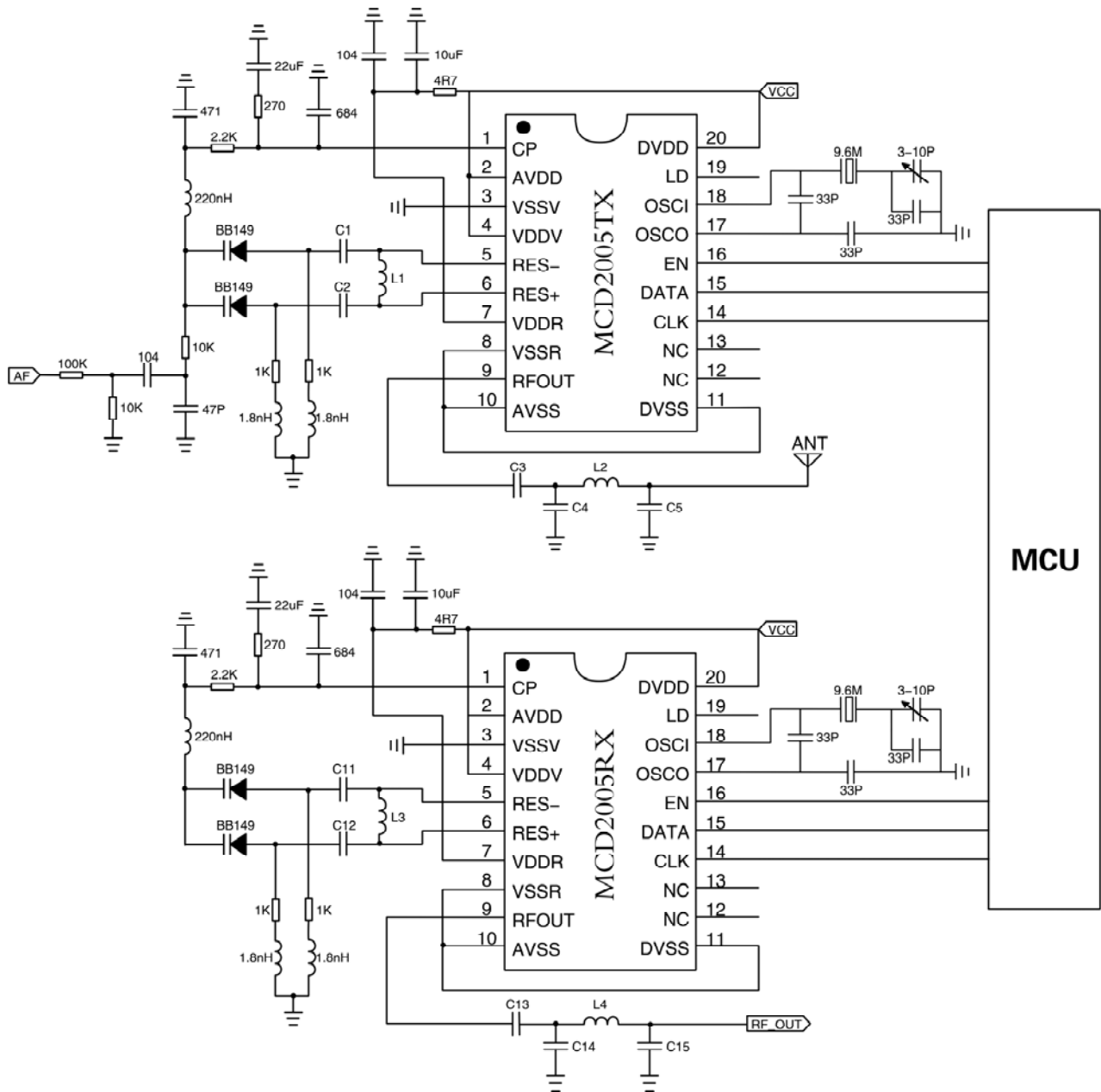
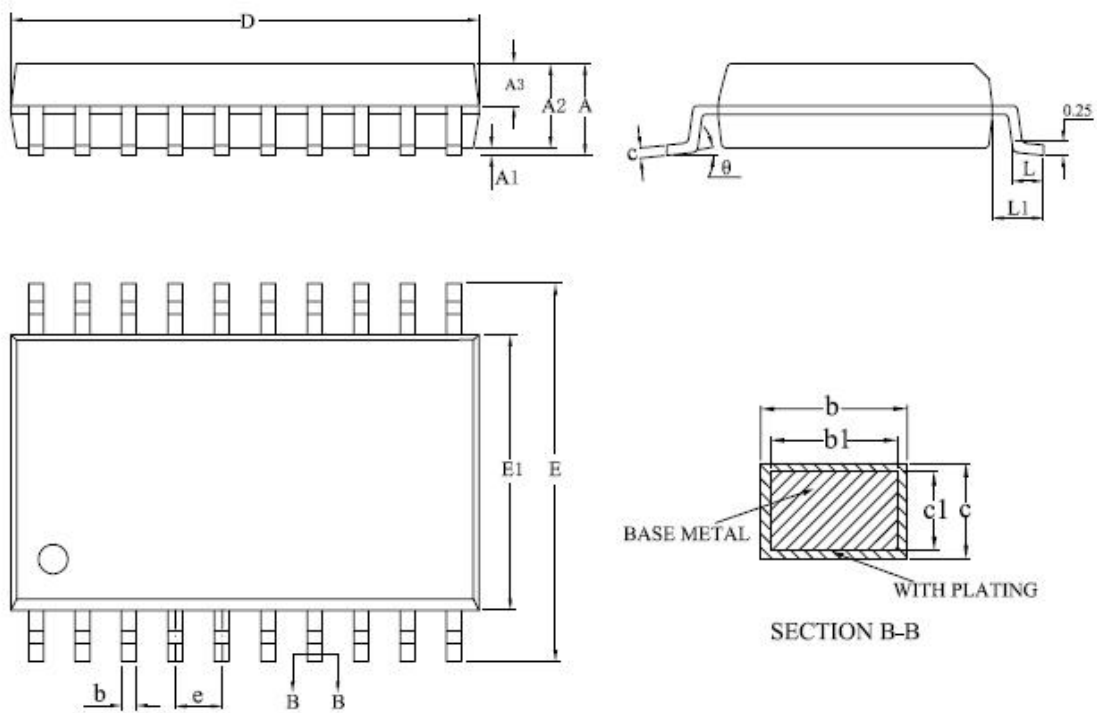


表 7-2:

| RX 频率 | VCO 振荡元件参数 | | | RF 输出网络匹配元件参数 | | | |
|----------|------------|------|------|---------------|-------|------|-------|
| | L3 | C11 | C12 | C13 | C14 | L4 | C15 |
| 201.6MHz | 68nH | 27pF | 27pF | 470pF | 12pF | 56nH | 12pF |
| 411.6MHz | 15nH | 27pF | 27pF | 470pF | 6.8pF | 18nH | 6.8pF |

注: TXVCO 的振荡元件参数及 RF 输出网络匹配元件参数见表 7-1.

8. 封装尺寸 SSOP-20L



| Size Symbol | MIN (mm) | NOM (mm) | MAX (mm) | Size Symbol | MIN (mm) | NOM (mm) | MAX (mm) |
|----------------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|-------------|-------------|
| A | - | - | 1.85 | D | 7.00 | 7.20 | 7.40 |
| A1 | 0.05 | - | 0.25 | E | 7.60 | 7.80 | 8.00 |
| A2 | 1.40 | 1.50 | 1.60 | E1 | 5.10 | 5.30 | 5.50 |
| A3 | 0.62 | 0.67 | 0.72 | e | 0.65BSC | | |
| b | 0.29 | - | 0.37 | L | 0.75 | - | 1.05 |
| b1 | 0.28 | 0.30 | 0.33 | L1 | 1.25BSC | | |
| c | 0.15 | - | 0.20 | θ | 0 | - | 8° |
| c1 | 0.14 | 0.15 | 0.16 | | | | |

重要声明

美芯集成电路(深圳)有限公司保留不发布通知而对该产品和服务随时进行修正、更改、补充、改进和其它变动的权利。用户敬请在购买产品之前获取最新的相关信息并核实该信息是最近的和完整的。所有产品在定单确认后将遵从美芯集成电路(深圳)有限公司的销售条款和条例进行销售。

美芯集成电路(深圳)有限公司保证产品性能在销售时符合技术指标,测试和其它质量控制符合产品质量保证。

美芯集成电路(深圳)有限公司

中国深圳高新区科技中二路软件园一期四栋 516 室

电话: (86) 755-8618-5088

传真: (86) 755-8618-5000

Email: sales@mcdevices.com

<http://www.mcdevices.com>

MC DEVICES Co.,Ltd

516 Bld. 4, National Software Park, 2 Kejizhong Rd.,

Shenzhen Hi-Tech Park,

Shenzhen, Guangdong, China

Tel: 86-755-8618-5088

Fax: 86-755-8618-5000

Email: sales@mcdevices.com

<http://www.mcdevices.com>