

ZM470SX-M 低功耗测试报告

TN01010101 V1.00 Date:2017/05/11

工程技术笔记

类别	内容
作者	何源丰
关键词	低功耗
摘要	本文介绍了 ZM470SX-M 模块低功耗模式的测量方法

修订历史

版本	日期	原因
V1.00	2017/05/11	创建文档

目 录

1. 低功耗工作原理.....	1
2. 低功耗测试原理.....	2
3. 功耗计算推导.....	3
4. 功耗计算表.....	4
5. 示波器截图.....	5

1. 低功耗工作原理

ZM470SX-M 模块具有信道检测功能（Channel Activity Detection），简称 CAD 模式。由于 LoRa 采用扩频调制，在 CAD 模式中，通过对扩频序列的计算处理可以从噪声探测可能存在的码元数据。其中影响探测时长和探测精度的主要因素有两个，一个是扩频因子（SF），这个决定扩频调制中每个码元的扩展长度，另一个是扩频带宽（BW），它限制了射频信号的最大带宽。码元的持续时长（Ts）与模块的扩频因子和扩频带宽有关，一般有如下公式，例如 SF=7，BW=500kHz，则 Ts=0.26ms。而决定码元探测灵敏度的是码元的持续时长，持续时间越长，可探测的灵敏度就越高，但是相对的，数据的传输速率会下降。

$$T_s = \frac{2^{SF}}{BW}$$

在 CAD 模式中，模块会对信道进行数据采样，并进行数字信号处理，一次完整的 CAD 采样，以 SF=7，BW=500kHz，Ts=0.26ms 参数为例，需要进行 0.26ms 的采样，还有额外 0.26ms 的计算时长，也就大约需要 0.5ms 的处理时间，如图 1.1 所示。

接收端模块每 1S 进入一次 CAD 采样，工作 0.5ms，然后休眠 999.5ms。如果发射端要唤醒这个接收端的模块，那么发射端需要持续发射至少 1S 的唤醒码元，让接收端可以在醒来的间隙，探测到扩频码元。

采用这种工作方式远程唤醒模块，可以极大地降低接收端的功耗，需要接收端上传数据的时候，1S 内即可作出响应，这很适合大范围数据采集的应用领域。

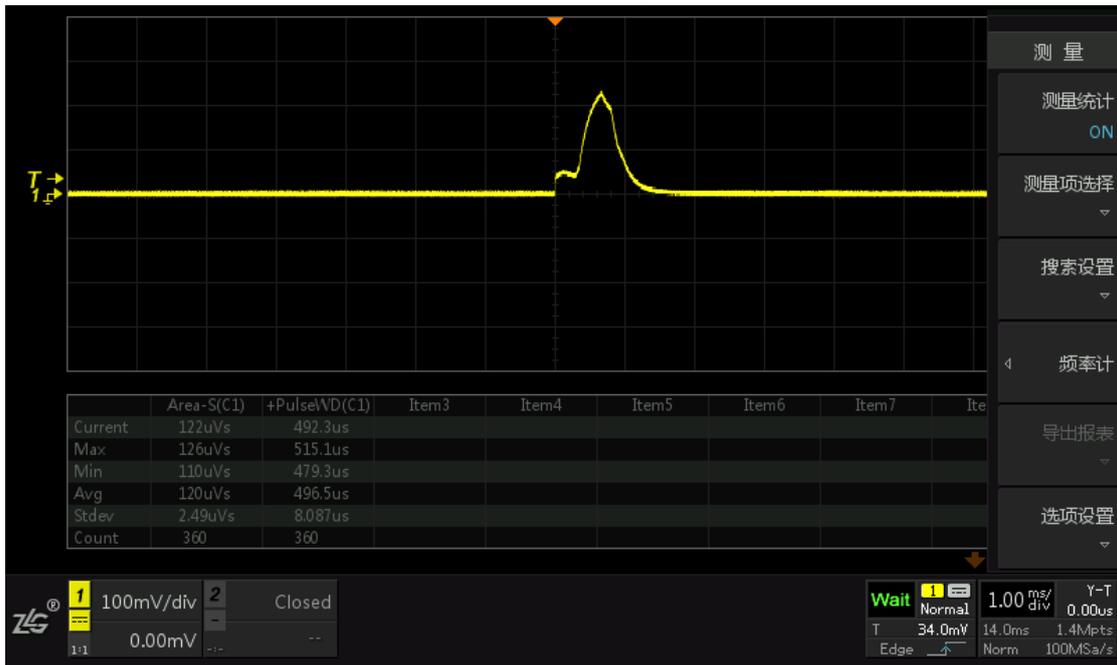


图 1.1 CAD 模式中电压的瞬态变化图

2. 低功耗测试原理

测试实验原理如图 2.1 所示。在 ZM470SX-M 模块的电源端串接入一个 20ohm 的电阻，用于瞬时电流探测。MCU 周期性地使 ZM470SX-M 模块进入 CAD 模式。把示波器探头的两端接在 20ohm 电阻上，观察示波器的电平变化。

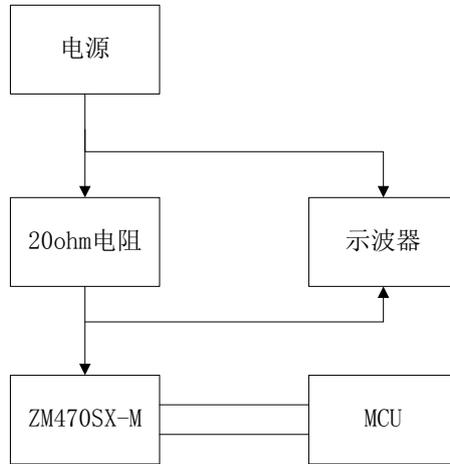


图 2.1 实验原理图

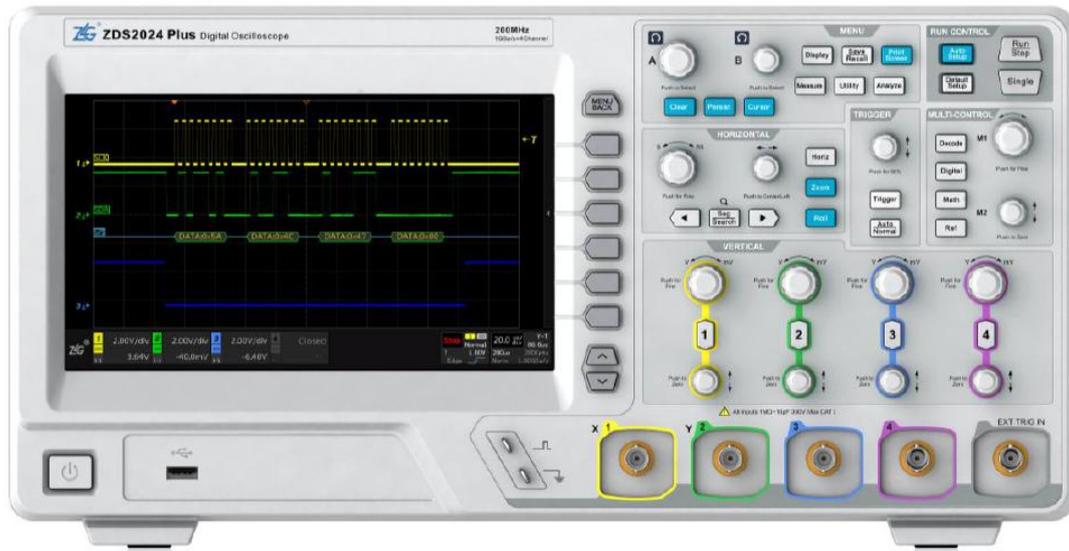


图 2.2 实验仪器

3. 功耗计算推导

计算原理：我们的目标是要求出一次 CAD 采样，平均到 1 秒内的功耗电流。因此首先要采样到一次完整的 CAD 采样过程的电压变化图，然后对这个变化的电压值进行积分，除以电阻值，再除以 1 秒，即为平均电流，公式推导如下。

$$I_v T_v = I_a T_a$$

$$\frac{1}{R} V_v T_v = I_a T_a$$

$$\frac{1}{R} \int_0^{T_s} V_t dt = I_a T_a$$

$$I_a = \frac{1}{R T_a} \int_0^{T_s} V_t dt$$

$$I_a = \frac{1}{20\text{ohm} \times 1\text{s}} 120\text{uVs} = \frac{120}{20} \text{uA} = 6.0\text{uA}$$

I_v ：示波器采样中，CAD 模式的有效电流

T_v ：CAD 模式的持续时间，示波器测量大约是 0.5ms

I_a ：按 1 秒平均来计算一次 CAD 模式的平均电流

T_a ：平均时间，1s

V_v ：示波器采样中，CAD 模式的有效电压

V_t ：示波器采样中，每一时刻的电压值

T_s ：示波器的采样周期

R ：串联的电阻，20ohm

$\int_0^{T_s} V_t dt$ ：这一项可以通过图 1.2 示波器的面积计算直接得出 120uVs。

由以上计算过程可得模块 1S 进入一次 CAD 采样的平均功耗为 6.0uA，加上模块的睡眠功耗 1.2uA，模块在周期为 1S 的 CAD 采样模式下的总功耗为 7.2uA。

4. 功耗计算表

扩频因子：决定扩频调制中每个码元的扩展长度

扩频带宽：限制射频信号的最大带宽，单位 khz

码元时长：传输一个码元的时间长度，单位 ms

接收灵敏度：码元时长越长，接收灵敏度越好，dBm

探测时长：示波器测量出的一次 CAD 采样处理的工作时长，单位 ms

电压时间积：示波器测量出的次 CAD 采样处理的电压时间积，单位 uVs

平均电流：按 1S 一次 CAD 采样计算出的平均电流，单位 uA

工作天数：以 1000mAh 电池供电，可连续工作的天数

工作年数：以 1000mAh 电池供电，可连续工作的年数

表 4.1 功耗计算表

扩频因子	扩频带宽 (hz)	码元时长 (ms)	接收灵敏度 (dBm)	探测时长 (ms)	电压时间积 (uVs)	平均电流 (uA)	工作天数	工作年数
7	500	0.26	-118.50	0.50	120	7.2	5787	15.9
8	500	0.51	-121.00	0.87	220	12.2	3415	9.4
9	500	1.02	-123.50	1.73	412	21.8	1911	5.2
10	500	2.05	-126.00	3.56	815	42.0	993	2.7
11	500	4.10	-128.50	7.52	1630	82.7	504	1.4
12	500	8.19	-131.00	15.13	3260	164.2	254	0.7
12	250	16.38	-133.50	30.29	5770	289.7	144	0.4
12	125	32.77	-136.00	60.62	10700	536.2	78	0.2

5. 示波器截图

扩频因子: 7
 扩频带宽: 500kHz
 电压时间积: 120uVs
 探测时长: 0.5ms



扩频因子: 8
 扩频带宽: 500kHz
 电压时间积: 220uVs
 探测时长: 0.87ms



扩频因子: 9
 扩频带宽: 500kHz
 电压时间积: 412uVs
 探测时长: 1.73ms



扩频因子: 10
 扩频带宽: 500kHz
 电压时间积: 815uVs
 探测时长: 3.56ms



扩频因子: 11
 扩频带宽: 500kHz
 电压时间积: 1630uVs
 探测时长: 7.52ms



扩频因子: 12
 扩频带宽: 500kHz
 电压时间积: 3260uVs
 探测时长: 15.13ms



扩频因子: 12
 扩频带宽: 250kHz
 电压时间积: 5770uVs
 探测时长: 30.29ms



扩频因子: 12
 扩频带宽: 125kHz
 电压时间积: 10700uVs
 探测时长: 60.62ms

