



Panchip Microelectronics Co., Ltd.

## PAN3029 晶体选型说明文档

当前版本: 1.0

发布日期: 2023.6

## 上海磐启微电子有限公司

地址: 上海张江高科技园区盛夏路 666 号 D 栋 3 楼

联系电话: 021-50802371

网址: <http://www.panchip.com>

## 文档说明

由于版本升级或存在其他原因，本文档内容会不定期进行更新。除非另有约定，本文档内容仅作为使用指导，本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。

## 商标

磐启是磐启微电子公司的商标。本文档中提及的其他名称是其各自所有者的商标/注册商标。

## 免责声明

本文档中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您的购买或使用范围之内。除非合同另有约定，磐启微电子公司对本文档内容不做任何明示或暗示的声明或保证。

## 修订历史

版本	修订时间	描述
V1.0	2023.6	初始版本创建

目 录

1 简介 .....	1
1.1 背景概述 .....	1
2 频率漂移机理和影响因素 .....	2
2.1 耗散功耗 .....	2
2.2 晶体的频率特性 .....	2
2.3 不同 PCB 漂移的影响 .....	3
2.4 发射时间 .....	4
2.5 频段 .....	5
3 晶体推荐方案 .....	6
3.1 无源晶体 .....	6
3.2 有源温补晶体 .....	7

Confidential

# 1 简介

## 1.1 背景概述

PAN3029 是一款应用于远距离通信的无线收发芯片。该芯片灵敏度最低可以达到-143dBm，发射功率最大可以输出 20dBm，整个链路预算达到业界领先的 163dB。在 20dBm 发射功率下，芯片会产生大量的热量，这些热量会通过 PCB 传导到晶体，由于晶体的频率会随着温度产生变化，导致在发射过程中会出现频率漂移，这个漂移会对接收解调产生较大的挑战，严重的话导致出现接收解调数据错误，出现丢包的现象。

Confidential

## 2 频率漂移机理和影响因素

晶体频率漂移主要跟晶体本身的温度特性，以及温度变化有关。而晶体温度变化，取决于芯片的散热量，和芯片通过 PCB 传导到晶体热量变化。芯片的散热量主要跟发射功率有关，而传导到晶体的热量变化主要跟 PCB 尺寸，以及晶体和芯片之间的隔热处理有关。

接收对于频率漂移的容忍度，跟 BW，SF，LDR，Payload 长度和工作频段有关，对于不同的配置，每个符号对于频率漂移的要求不一样，同时一帧发射总时间也不一样，导致对于频率漂移的要求也不一样。

下面针对每个影响因素，进行详细描述。

### 2.1 耗散功耗

下面给出了 490MHz 频段下 20dBm，14dBm，和 10dBm 三种功率下的耗散功耗，耗散功耗的计算公式：供电电压 VCC，芯片电流是 I，输入功率是 Pin，输出功率是 Pout，耗散功耗是 Pd。

$$Pd = Pin - Pout = VCC * I - Pout$$

VCC (V)	I (mA)	Pi (mW)	PoutdBm)	Pout (mW)	Pd (mW)
3.3	91	300.3	20	100	200.3
3.3	50	165	14	25.1	139.8
3.3	30	99	10	10	89

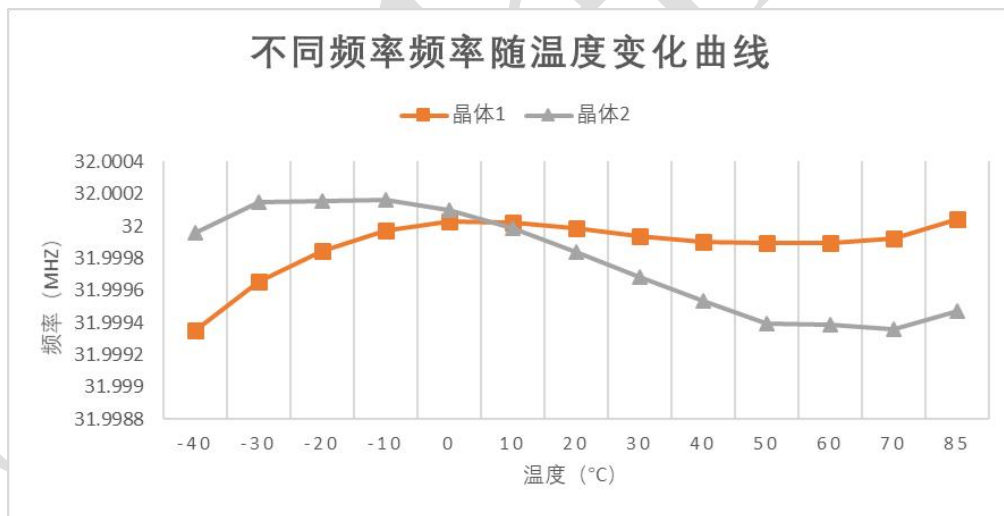
从上表可以看出 10dBm 会比 20dBm 的耗散功耗降低一半以上。

### 2.2 晶体的频率特性

下面测试了不同厂家 32M 晶体，通过测试观察 490MHz 频段单载波频率随时间变化，统计单载波发射后的一端时间内的漂移，可以看出不同晶体的漂移量差别较大，频率漂移较小的的是大真空的 1C232000AA0B 和富士的 FSX-3M。

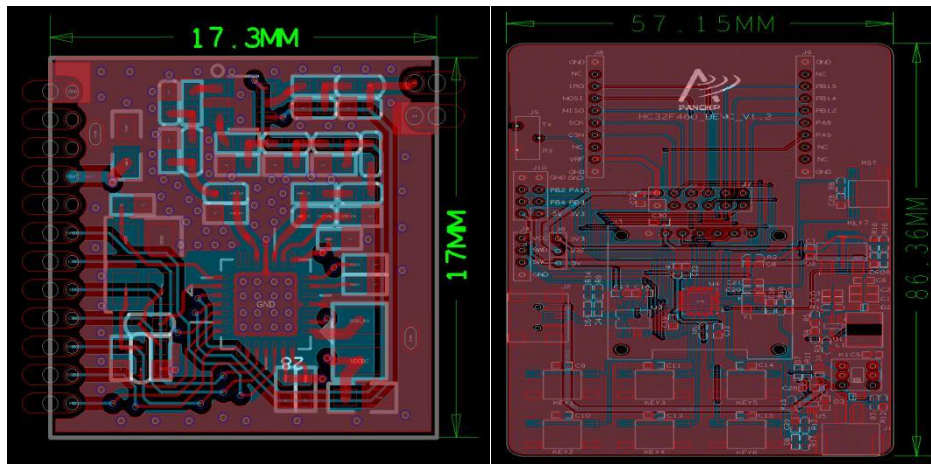
厂家	料号	立创编号	封装形式	负载电容 (pF)	温度特性 (-20~70°) ppm)	频率精度 (ppm)	频率漂移 (Hz)
大真空	1C232000AA0B	/	SMD3225-4P	12	10	10	250
泰晶	SX32Y032000B91T	C271639	SMD3225-4P	9	10	10	342
泰晶	SX32Y032000BC1T	C271658	SMD3225-4P	12	10	10	496
安基	CXA-032000-3F7E40	C369204	SMD3225-4P	12	15	10	800
晶技	7M32000020	C5203632	SMD3225-4P	12	/	/	738
爱普生	X1E000021016900	C255932	SMD3225-4P	12	10	10	488
晶光华	S3232000091040	C426986	SMD3225-4P	12	30	30	460
晶科鑫	7U32000E12UCG	C251626	SMD3225-4P	12	10	10	528
川晶	C3SB32.000F12E12	C1122385	SMD3225-4P	12	20	10	500
长晶	CJ13-320001210A20	C712874	SMD3225-4P	12	20	10	490
晶优	JYXT32S4-032.00000-93C4B0	C357891	SMD3225-4P	12	20	10	760
浩都	7B032000M01	C655025	SMD3225-4P	12	20	10	384
台湾加高	X3S032000B91H-HU	C254375	SMD3225-4P	9	20	10	716
晶威特	CM4032M00012T8188141	C2932987	SMD3225-4P	12	15	10	330
晶威特	CF4032M00012T5074007	C16197273	SMD3225-4P	12	20	10	292
晶威特	CF4032M00012T5074007	C5765975	SMD3225-4P	12	20	10	850
晶宝	01X.MD.110HJV0032000000	C7570525	SMD3225-4P	10	10	10	380
富士	FSX-3M	/	SMD3225-4P	12	/	10	224
晶威特	CN4032M00009T8188116	C2932962	SMD 2016-4P	9	30	10	522
晶威特	CN4032M00012T8188117	C2932963	SMD 2016-4P	12	15	10	516
鸿星	E3SB32E00000BE	C5241172	SMD3225-4P	10	10	10	470
索斯特	2520+32M+9PF+10PPM	C5181488	SMD3225-4P	12	/	10	670

下图是两款晶体的温度特性，晶体 1 的频率漂移为 250Hz，晶体 2 的频率漂移为 850Hz，从曲线上可以看出，晶体 1 在-10~70° C 频率特性稳定性较好，而晶体 2 较差，温度特性跟频率漂移的测试结果是对得上的。



## 2.3 不同 PCB 漂移的影响

对比同一晶体在两款 PCB 上的频率漂移，两款 PCB 尺寸分别为，发现 PCB 越大，散热越好，频率漂移越小。同样的时间下，小模组偏移为 850Hz，而研发 EVB 测试板漂移只有 288Hz。说明板子越大散热越好，对晶体的温度影响越小。除了尺寸之外，同时做好晶体和芯片的 PCB 热隔离也比较重要，这个在 PCB 热设计时需要考虑。



## 2.4 发射时间

不同的 BW 和 SF，每个符号的持续时间是不同的，总的发包时间也会有区别，可以用 PAN3029 芯片计算器进行计算。

PAN3029 芯片计算器			
输入参数	值	单位	描述
有效负载字节 (2 to 255)	64	Byte	用户有效负载长度
带宽	125.0	KHz	-
SF因子	5	-	-
载波频率 (150 MHz to 1.2 GHz)	470	MHz	-
噪声系数	6	dB	默认噪声系数为6
发射输出功率 (-7 to +22)	22.0	dBm	辐射发射功率
报文模式	1	-	默认支持报文
码率	1	-	1=4/5, 2=4/6, 3=4/7, 4=4/8
前导码符号数	8	-	默认值为8, 输入范围8~65535
低速率模式	0	-	1=支持低速率模式, 0=不支持低速率模式
输出参数	值	单位	描述
接收灵敏度	-119.5	dBm	-
链路预算	142	dB	-
符号长度	0.3	ms	-
前导码持续时间	3.6	ms	-
有效载荷持续时间	36.6	ms	-
总发包时间	40.3	ms	包含CRC16
实际数据速率	12.72	kbps	包含前导码/报头/CRC

\*最终解释权归上海磐启微电子有限公司所有

以下列举计算了不同 SF 和 BW 的符号时间和发包一帧总时间，BW 越小，SF 越大，符号时间越长，一帧总时间越长，频率漂移越大，对于频率的稳定性要求越高。

BW	SF	CR	Preamble数量 (bit)	Payload数量 (Bytes)	符号时间 (ms)	一帧总时间 (ms)
125	5	1	20	64	0.3	40.3
125	6	1	20	64	0.5	67.7
125	7	1	20	64	1	118
125	8	1	20	64	2	215.6
125	9	1	20	64	4.1	390.1
125	10	1	20	64	8.2	698.4
125	11	1	20	64	16.4	1314.8
500	12	1	20	64	8.2	616.4
250	12	1	20	64	16.4	1232.9
125	12	1	20	64	32.8	2465.8
62.5	12	1	20	64	62.5	4931.6

## 2.5 频段

TX 端载波频率  $f_{TX}=f_{REFTX} * (n_{TX}+m_{TX})$ ，RX 端载波频率  $f_{RX}=f_{REFRX} * (n_{RX}+m_{RX})$ ，RX 端中频频率  $f_{IF}=f_{TX}-f_{RX}$  的绝对值，TX 端发射过程中的频率漂移，影响着 RX 端中频的频率漂移，频率漂移的大小，除了与 TX 端晶体  $f_{REFTX}$  的稳定性有关，还与倍数  $n_{TX}+m_{TX}$  有关，而  $n_{TX}+m_{TX}$  是与工作频率有关，也就是频率越高， $f_{REFTX}$  漂移影响越大。同样的晶体，同样的输出功率，假设耗散功耗是一样的，866M 的频率漂移是 433M 频率漂移的一倍。



## 3 晶体推荐方案

### 3.1 无源晶体

基于磐启的 DTM-CC0015 模组，工作频段 408~510MHz，工作温度-20~70° C，发射 Payload 不大于 20Bytes，发射功率 20dBm，BW，SF，和 LDR 配置如下表所示，可以使用温度特性较好的无源晶体，要求频率精度为 10ppm，-20~70° C 温度稳定性为 10ppm。KDS 的 1C232000AA0B 测试效果会比其它无源晶体更好一些，如果成本可以接受的话，建议选用 KDS 的 1C232000AA0B。

BW(KHz)	SF	LDR
500	5	OFF
500	6	OFF
500	7	OFF
500	8	OFF
500	9	OFF
500	10	OFF
500	11	OFF
500	12	OFF
250	5	OFF
250	6	OFF
250	7	OFF
250	8	OFF
250	9	OFF
250	10	OFF
250	11	OFF
125	5	OFF
125	6	OFF
125	7	OFF
125	8	OFF
125	9	OFF
125	10	OFF
62.5	5	OFF
62.5	6	OFF
62.5	7	OFF
62.5	8	OFF
62.5	9	OFF

在上面条件的基础上，改变功率，温度，频段和 Payload 长度，可用无源晶体的 BW 和 SF 配置会发生变化，可能在最低速率下增加一个档位可用（BW 降低一个档位，或者 SF 变大一个档位），也可能是在最低速率下降低一个档位可用（BW 太高一个档位，或者 SF 变小一个档位），如果是多个条件变化，会叠加多个档位变化的效果。举例如下：

备注 1: 当功率降低到 10dBm 左右时, 125K SF11 可以用无源晶体;

备注 2: 当工作温度到-40° C 时, 125K SF10, 以及 62.5 SF9 不能使用无源晶体;

备注 3: 当工作频段用 863~870MHz 和 902~928MHz, 125K SF10, 以及 62.5 SF9 不能使用无源晶体;

备注 4: 当 Payload 长度大于 20Bytes, 不大于 70Bytes, 125K SF10, 以及 62.5 SF9 不能使用无源晶体;

## 3.2 有源温补晶体

无法使用无源晶体的配置, 都需要使用 1ppm 的有源温补晶体, 同时要求所有工作温度都能达到 1.5ppm 的要求, -40~85° C 的应用, 推荐使用 KDS 的有源温补晶体 1XXD32000MBA。

( $T_A=-40\sim+85^{\circ}\text{C}$ ,  $L_{\text{LOAD\_R}}/C=10\text{k}\Omega//10\text{pF}$ ,  $V_{\text{CC}}=+3.3\text{V}$ , unless otherwise noted)

	Item	Conditions	Limits			unit	Notes
			min.	typ.	max.		
1	Current Consumption		-	-	+2.0	mA	
2	Output Level		0.8	-	-	$V_{\text{P-P}}$	1
3	Symmetry	GND level (DC cut)	40/60	-	60/40	%	
4	Harmonics		-	-	-5	dBc	
5	Frequency Stability						
	1.Tolerance	After 2 times reflow Ref. to nominal frequency	-	-	$\pm 1.5$	ppm	2,3
	2.vs Temperature	$T_A=-30\sim+85^{\circ}\text{C}$ Ref. to frequency ( $T_A=+25^{\circ}\text{C}$ )	-	-	$\pm 0.5$	ppm	
		$T_A=-40\sim-30^{\circ}\text{C}$ Ref. to frequency ( $T_A=+25^{\circ}\text{C}$ )	-	-	$\pm 1.0$	ppm	
	3.vs Supply Voltage	$V_{\text{CC}}=+3.3\text{V}\pm 5\%$	-	-	$\pm 0.2$	ppm	
4.vs Load Variation	$L_{\text{LOAD\_R}}/C=(10\text{k}\Omega//10\text{pF})\pm 10\%$	-	-	$\pm 0.2$	ppm		
5.vs Aging	$T_A=\text{Room ambient}$	-	-	$\pm 1.0$	ppm/year		
6	Start Up Time	@90% of final $V_{\text{out}}$ level	-	-	2.0	ms	
7	SSB Phase Noise	Relative to F0 level offset 1kHz	-	-	-125	dBc/Hz	