



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

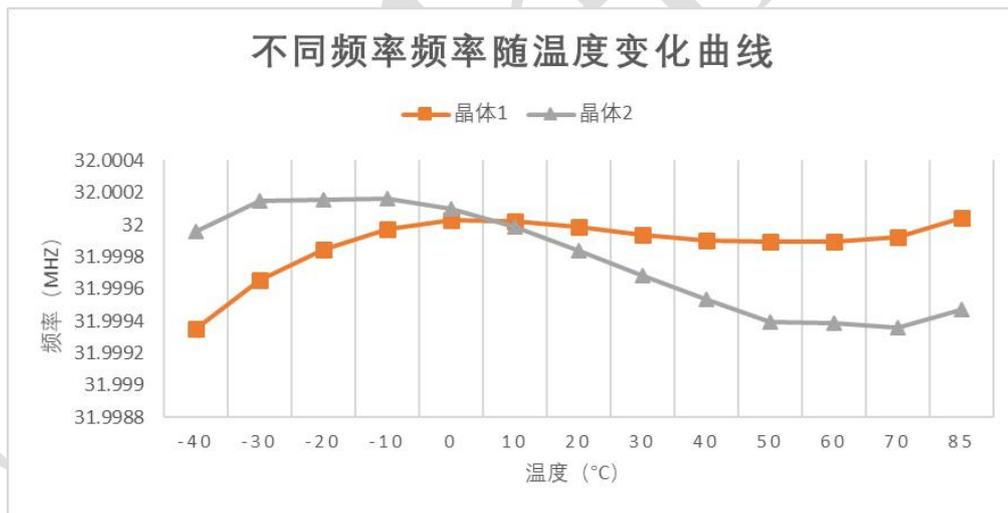
从上表可以看出 10dBm 会比 20dBm 的耗散功耗降低一半以上。

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。

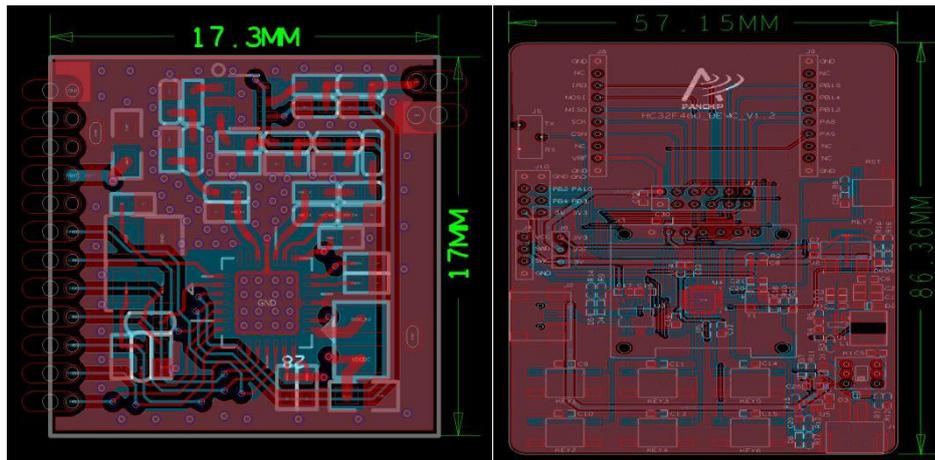
厂家	料号	立创编号	封装形式	负载电容 (pF)	温度特性 (-20~70°) ppm)	频率精度 (ppm)	频率漂移 (Hz)
大真空	1C232000AA0B	/	SMD3225-4P	12	10	10	250
泰晶	SX32Y032000B91T	C271639	SMD3225-4P	9	10	10	342
泰晶	SX32Y032000BC1T	C271658	SMD3225-4P	12	10	10	496
安基	CXA-032000-3F7E40	C369204	SMD3225-4P	12	15	10	800
晶技	7M32000020	C5203632	SMD3225-4P	12	/	/	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	01.X.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 _{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	-	-	±1.5	ppm	2,3
	2.vs Temperature	$T_A = -30 \sim +85^\circ\text{C}$ Ref. to frequency ($T_A = +25^\circ\text{C}$)	-	-	±0.5	ppm	
		$T_A = -40 \sim -30^\circ\text{C}$ Ref. to frequency ($T_A = +25^\circ\text{C}$)	-	-	±1.0	ppm	
	3.vs Supply Voltage	$V_{\text{CC}} = +3.3\text{V} \pm 5\%$	-	-	±0.2	ppm	
4.vs Load Variation	$L_{\text{LOAD_R}}/C = (10\text{k}\Omega/10\text{pF}) \pm 10\%$	-	-	±0.2	ppm		
5.vs Aging	$T_A = \text{Room ambient}$	-	-	±1.0	ppm/year		
6	Start Up Time	@90% of final V _{out} level	-	-	2.0	ms	
7	SSB Phase Noise	Relative to F0 level offset 1kHz	-	-	-125	dBc/Hz	