



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113114108 A

(43) 申请公布日 2021.07.13

(21) 申请号 202110487261.0

(22) 申请日 2021.05.05

(71) 申请人 诺领科技(南京)有限公司

地址 211800 江苏省南京市江北新区江淼
路88号腾飞大厦C座1803、1804室

(72) 发明人 吴杰

(74) 专利代理机构 南京众联专利代理有限公司
32206

代理人 杜静静

(51) Int. Cl.

H03B 5/08 (2006.01)

权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

一种估计晶振频率的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种估计晶振频率的方法,所述方法包括以下步骤:步骤1)工厂生产中,对每一个器件,将缺省的温度频率特性曲线存入非易失性内存里;步骤2)工厂生产中,对每一个器件,测量晶振在一个温度下的频偏,存入非易失性内存里;步骤3)器件第一次使用时,将查找表里的频偏进行更新;步骤4)器件读取温度,用更新后的查找表来估计当前晶振的频率;步骤5)功能模块运行,根据功能模块的输出来更新查找表。使用此方法,器件能达到和使用TCX0同样的频偏范围性能,能够在很多产品中使用。

1. 一种估计晶振频率的方法,其特征在于,所述方法包括以下步骤:

步骤1) 工厂生产中,对每一个器件,将缺省的温度频率特性曲线存入非易失性内存里;

步骤2) 工厂生产中,对每一个器件,测量晶振在一个温度下的频偏,存入非易失性内存里;

步骤3) 器件第一次使用时,将查找表里的频偏进行更新;

步骤4) 器件读取温度,用更新后的查找表来估计当前晶振的频率;

步骤5) 功能模块运行,根据功能模块的输出来更新查找表。

2. 根据权利要求1所述的估计晶振频率的方法,其特征在于,所述步骤1)中,晶振温度频率特性曲线,表示为 $df_0(T)$,其中 T 是晶振温度,此曲线由在生产过程中的切割方式和切割角度决定;对同一型号同一批次的晶振,使用同一条温度频率特性曲线,将此曲线按照查找表的方式在器件生产过程中写入非易失性内存中;所以晶振在器件中的实际频率,认为是这个查找表中的频偏值($df_0(T)$,由温度决定)加上一个偏移量(df_{1c} ,由负载电容决定);晶振频率的实际频偏值用下面的公式表示:

$$df(T) = df_0(T) + df_{1c};$$

如果温度的步长是 $1C$,那么 $T = -30C, -29C, -28C, \dots, 83C, 84C, 85C$,即查找表一共有126行。

3. 根据权利要求2所述的估计晶振频率的方法,其特征在于,所述步骤2)中,器件中的晶振使用外置热敏电阻来测量晶振温度,或者使用内置热敏电阻来测量晶振温度即热敏电阻晶振,器件需要一个模数转换器即ADC得到温度的数值,假设一个器件在工厂生产线上测量时,晶振的温度是 T_1 ,此时测量的晶振频率是 $df_1(T_1)$,那么得到:

$$df_1(T_1) = df_0(T_1) + df_{1c};$$

由此,解出:

$$df_{1c} = df_1(T_1) - df_0(T_1);$$

器件将 df_{1c} 值存在非易失性内存里面。

4. 根据权利要求3所述的估计晶振频率的方法,其特征在于,所述步骤3)中,在完成上面两个步骤之后,器件在出工厂后的第一次上电时,会从非易失性内存里读取步骤2)中得到的 df_{1c} ,以及步骤1)中存储的缺省查找表 $df_0(T)$,计算出晶振在每个温度点的实际频偏:

$$df(T) = df_0(T) + df_{1c} = df_0(T) + df_1(T_1) - df_0(T_1);$$

由此得到所有温度($-30C$ 到 $85C$)下晶振的实际频偏的初始估计值, $df(T)$;

器件将这些初始估计值存入非易失性内存里,器件可以选择用这些初始估计值 $df(T)$ 来替换步骤1)中查找表里的对应值 $df_0(T)$,或者将 $df(T)$ 存入非易失性内存里的一个新的查找表里。

5. 根据权利要求4所述的估计晶振频率的方法,其特征在于,所述步骤4)中, df 查找表的作用:在器件的随后使用中,在需要知道晶振偏差时,先读取晶振的温度,然后在 df 查找表中就得到晶振当前频率的估计值,晶振的当前频率估计值可以帮助GNSS模块或者蜂窝系统接收模块快速的捕获信号,大幅提高用户体验。

6. 根据权利要求5所述的估计晶振频率的方法,其特征在于,所述步骤5)中,由于GNSS信号频率和蜂窝系统的下行信号的频率是已知的,GNSS模块或者蜂窝系统接收模块在捕获

到信号后,根据信号的频率较准确的估计晶振当前的频率。

一种估计晶振频率的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种方法,具体涉及一种估计晶振频率的方法,属于电子设备和器件技术领域。

背景技术

[0002] 所有的电子设备和器件都需要时钟源,进而产生各种时钟信号,数字电路需要时钟信号进行驱动,射频和模拟电路也需要高频时钟信号进行各种信号处理,例如将高频输入信号做混频处理,得到低频信号,便于后续的数字化的以及数字信号处理。

[0003] 普通电子设备一般选用这两种时钟源之一:晶振(XO)和温度补偿晶振(TCXO)。第一种是晶振(XO),由晶体和震荡电路组成,其输出频率随温度变化很大,一般的温度频率特性曲线见图1所示。为了能够输出稳定的频率,温度补偿晶振(TCXO)应运而生。TCXO在XO的基础上,内置了温度补偿芯片,能够调整输出频率在一个很小的范围(一般能在标称频率 $\pm 5\text{ppm}$ 或者更好)。”ppm”指的是”parts per million”,即 $1\text{e}-6$ 。例如,对于 38.4MHz , 1ppm 就是 $38.4\text{MHz} \times 1\text{e}-6 = 38.4\text{Hz}$ 。本文档中,“偏差”的单位是ppm。一般消费电子产品选用的TCXO或者XO支持的温度范围是 -30C 到 85C 。

[0004] TCXO的价格相对较贵,对于设备成本有较大影响,并偶尔会有供货困难的问题。晶振(XO)成本很低,而且供应商众多,供货充足。由于这些原因,电子设备厂商有很强的意愿使用XO而不用TCXO。然而,在一些对频率偏差要求很严的应用中(例如GNSS导航定位接收机),XO不满足要求,这是由于晶振频率偏差随温度变化幅度很大会导致GNSS定位时间过长而不可用。因此,迫切的需要一种新的方案解决上述技术问题。

发明内容

[0005] 本发明正是针对现有技术中存在的问题,提供一种估计晶振频率的方法,该方案能够使XO应用在更广泛的电子产品中(例如GNSS接收机),对XO的频率进行估计,并能够在任意温度的时候,都能够使用XO。使用此方法,器件能达到和使用TCXO同样的频偏范围性能,能够在很多产品中使用。

[0006] 为了实现上述目的,本发明的技术方案如下,一种估计晶振频率的方法,所述方法包括以下步骤:

[0007] 步骤1) 工厂生产中,对每一个器件,将缺省的温度频率特性曲线存入非易失性内存里;

[0008] 步骤2) 工厂生产中,对每一个器件,测量晶振在一个温度下的频偏,存入非易失性内存里;

[0009] 步骤3) 器件第一次使用时,将查找表里的频偏进行更新;

[0010] 步骤4) 器件读取温度,用更新后的查找表来估计当前晶振的频率;

[0011] 步骤5) 功能模块运行,根据功能模块的输出来更新查找表。

[0012] 作为本发明的一种改进,所述步骤1)中,晶振温度频率特性曲线,表示为 $df_0(T)$,

其中T是晶振温度,此曲线一般由在生产过程中的切割方式和切割角度决定;同一种切割方式下,每个晶振的曲线也有差异,是由晶体的差异和生产的切割角度和其它控制产生的。对同一型号同一批次的晶振,使用同一条温度频率特性曲线,将此曲线按照查找表(例如1C一个点)的方式在器件生产过程中写入非易失性内存(Non-volatile Memory)中。温度频率特性曲线可以由晶振供应商提供,也可以由器件生产商在实验室测量几个晶振之后,在各个温度点商取平均值得到。由于晶振在器件中的频率,还和每个器件中晶体的负载电容相关。所以晶振在器件中的实际频率,认为是这个查找表中的频偏值(df0(T),由温度决定)加上一个偏移量(df_1c,由负载电容决定);这个偏移量随每个器件而不同。晶振频率的实际频偏值用下面的公式表示:

$$[0013] \quad df(T) = df0(T) + df_1c;$$

[0014] 如果温度的步长是1C,那么T=-30C,-29C,-28C,...,83C,84C,85C,即查找表一共有126行。

[0015] 可见,这个缺省查找表在器件工厂生产中写入的内容df0(T)是各个温度之间的相对值,而并不是器件中晶振频率的实际值

[0016] 作为本发明的一种改进,所述步骤2)中,为了得到一个器件中晶振频偏在某一温度下的实际值,需要在工厂的生产线上对每个器件中的晶振频率进行测量。器件中的晶振使用外置热敏电阻来测量晶振温度,或者使用内置热敏电阻来测量晶振温度(即热敏电阻晶振),器件需要一个模数转换器(ADC)得到温度的数值,假设一个器件在工厂生产线上测量时,晶振的温度是T1,此时测量的晶振频率是df1(T1),那么得到:

$$[0017] \quad df1(T1) = df0(T1) + df_1c;$$

[0018] 由此,可以解出:

$$[0019] \quad df_1c = df1(T1) - df0(T1);$$

[0020] 器件将df_1c值存在非易失性内存里面。

[0021] 在工厂中测量器件中晶振的频偏可以使用多种方法中的一种。例如,可以给器件输入一个已知频率的单频信号,在器件内部通过快速傅里叶变换(FFT)来测量此信号的频率,该测量频率会由于晶振频偏而有对应的偏移量,从此偏移量可以计算出晶振频偏。另一种方法是有器件发送一个单频信号给工厂生产线上的一个接收设备,此接收设备通过FFT来测量此信号的频率,该测量频率会由于晶振频偏而有对应的偏移量,从此偏移量可以计算出晶振频偏。

[0022] 作为本发明的一种改进,所述步骤3)中,在完成上面两个步骤之后,器件在出工厂后的第一次上电时,会从非易失性内存里读取步骤2)中得到的df_1c,以及步骤1)中存储的缺省查找表df0(T),计算出晶振在每个温度点的实际频偏:

$$[0023] \quad df(T) = df0(T) + df_1c = df0(T) + df1(T1) - df0(T1);$$

[0024] 由此得到所有温度(-30C到85C)下晶振的实际频偏的初始估计值,df(T);

[0025] 器件将这些初始估计值存入非易失性内存里,器件可以选择用这些初始估计值df(T)来替换步骤1)中查找表里的对应值df0(T),或者将df(T)存入非易失性内存里的一个新的查找表里。下文将存储df(T)的查找表称为"df查找表"。

[0026] 作为本发明的一种改进,所述步骤4)中,df查找表的作用:在器件的随后使用中,在需要知道晶振偏差时(例如在GNSS信号捕获前,或者蜂窝信号捕获前),先读取晶振的温

度,然后在df查找表中就得到晶振当前频率的估计值,晶振的当前频率估计值可以帮助GNSS模块或者蜂窝系统(例如4G LTE,NB-IoT,5G)接收模块快速的捕获信号,大幅提高用户体验。

[0027] 作为本发明的一种改进,所述步骤5)中,由于GNSS信号频率和蜂窝系统的下行信号的频率是已知的,GNSS模块或者蜂窝系统接收模块在捕获到信号后,根据信号的频率较准确的估计晶振当前的频率。举例来说。把晶振的真实频偏表示为d,单位是ppm。当蜂窝系统接收机通过捕获和/或跟踪得到到信号频率是f1之后(已知这个信号从基站发射出来的频率是f),那么它可以估计出晶振的频偏是 $d1 = (f1 - f) / f * 1e6$,单位是ppm。一般来说,蜂窝系统接收机对频偏的估计会比较准确,d1和真实值d之间的差距会在 ± 1 ppm范围内。在上面的例子中,假设晶振的真实频偏是 $d = 4.3$ ppm, $f = 800$ MHz,如果捕获到的信号频率是 $f1 = (800\text{MHz} + 4\text{kHz})$,那么估计的频偏 $= (f1 - f) / f * 1e6 = (800\text{MHz} + 4\text{kHz} - 800\text{MHz}) / 800\text{MHz} * 1e6 = 5$ ppm。和晶振真实的频偏4.3ppm相比,估计的误差只有0.7ppm,非常接近了。

[0028] 相对于现有技术,本发明具有如下优点,1) 该技术方案所述的方法更简单可靠;2) 该方法对晶振频率随温度变化曲线没有任何要求,降低了晶振生产成本和增多了设备制造商对晶振供应商的选择;

附图说明

[0029] 图1为晶振频偏随温度变化曲线;

[0030] 图2为估计晶振频率的流程示意图;

[0031] 图3为使用晶振的器件原理框图,以支持蜂窝系统和GNSS的器件为例。

具体实施方式:

[0032] 为了加深对本发明的理解,下面结合附图对本实施例做详细的说明。本申请中,“器件”指的是任何使用晶振的电子设备或者终端,例如手机,物联网模组或者终端,GNSS接收机,等等。

[0033] 实施例1:参见图1,一种估计晶振频率的方法,所述方法包括以下步骤:

[0034] 步骤1) 工厂生产中,对每一个器件,将缺省的温度频率特性曲线存入非易失性内存里;

[0035] 步骤2) 工厂生产中,对每一个器件,测量晶振在一个温度下的频偏,存入非易失性内存里;

[0036] 步骤3) 器件第一次使用时,将查找表里的频偏进行更新;

[0037] 步骤4) 器件读取温度,用更新后的查找表来估计当前晶振的频率;

[0038] 步骤5) 功能模块运行,根据功能模块的输出来更新查找表。

[0039] 所述步骤1)中,晶振温度频率特性曲线,表示为 $df0(T)$,其中T是晶振温度,此曲线一般由在生产过程中的切割方式和切割角度决定;对同一型号同一批次的晶振,使用同一条温度频率特性曲线,将此曲线按照查找表(例如1C一个点)的方式在器件生产过程中写入非易失性内存(Non-volatile Memory)中。所以晶振在器件中的实际频率,认为是这个查找表中的频偏值($df0(T)$,由温度决定)加上一个偏移量(df_1c ,由负载电容决定);这个偏移量随每个器件而不同。晶振频率的实际频偏值用下面的公式表示:

[0040] $df(T) = df_0(T) + df_lc$;

[0041] 如果温度的步长是1C,那么 $T = -30C, -29C, -28C, \dots, 83C, 84C, 85C$,即查找表一共有126行。

[0042] 可见,这个缺省查找表在器件工厂生产中写入的内容 $df_0(T)$ 是各个温度之间的相对值,而并不是器件中晶振频率的实际值。

[0043] 所述步骤2)中,为了得到一个器件中晶振频偏在某一温度下的实际值,需要在工厂的生产线上对每个器件中的晶振频率进行测量。器件中的晶振使用外置热敏电阻来测量晶振温度,或者使用内置热敏电阻来测量晶振温度(即热敏电阻晶振),器件需要一个模数转换器(ADC)得到温度的数值,假设一个器件在工厂生产线上测量时,晶振的温度是 T_1 ,此时测量的晶振频率是 $df_1(T_1)$,那么得到:

[0044] $df_1(T_1) = df_0(T_1) + df_lc$;

[0045] 由此,可以解出:

[0046] $df_lc = df_1(T_1) - df_0(T_1)$;

[0047] 器件将 df_lc 值存在非易失性内存里面。

[0048] 在工厂中测量器件中晶振的频偏可以使用多种方法中的一种。例如,可以给器件输入一个已知频率的单频信号,在器件内部通过快速傅里叶变换(FFT)来测量此信号的频率,该测量频率会由于晶振频偏而有对应的偏移量,从此偏移量可以计算出晶振频偏。另一种方法是有器件发送一个单频信号给工厂生产线上的一个接收设备,此接收设备通过FFT来测量此信号的频率,该测量频率会由于晶振频偏而有对应的偏移量,从此偏移量可以计算出晶振频偏。

[0049] 所述步骤3)中,在完成上面两个步骤之后,器件在出工厂后的第一次上电时,会从非易失性内存里读取步骤2)中得到的 df_lc ,以及步骤1)中存储的缺省查找表 $df_0(T)$,计算出晶振在每个温度点的实际频偏:

[0050] $df(T) = df_0(T) + df_lc = df_0(T) + df_1(T_1) - df_0(T_1)$;

[0051] 由此得到所有温度(-30C到85C)下晶振的实际频偏的初始估计值, $df(T)$;

[0052] 器件将这些初始估计值存入非易失性内存里,器件可以选择用这些初始估计值 $df(T)$ 来替换步骤1)中查找表里的对应值 $df_0(T)$,或者将 $df(T)$ 存入非易失性内存里的一个新的查找表里。

[0053] 所述步骤4)中, df 查找表的作用:在器件的随后使用中,在需要知道晶振偏差时(例如在GNSS信号捕获前,或者蜂窝信号捕获前),先读取晶振的温度,然后在 df 查找表中就得到晶振当前频率的估计值,晶振的当前频率估计值可以帮助GNSS模块或者蜂窝系统(例如4G LTE,NB-IoT,5G)接收模块快速的捕获信号,大幅提高用户体验。

[0054] 所述步骤5)中,由于GNSS信号频率和蜂窝系统的下行信号的频率是已知的,GNSS模块或者蜂窝系统接收模块在捕获到信号后,根据信号的频率较准确的估计晶振当前的频率。

[0055] 具体实施例:参照图1—图3,本申请提出在一种估计晶振(X_0)频率的方法。其工作原理如下,见图2:

[0056] 步骤1):在工厂生产中,对一个型号的晶振,在电子设备里按照查找表格式将一条缺省的温度频率特性曲线,即频率偏差(频偏)随温度的变化曲线信息,存在非易失性内存

里面；

[0057] 步骤2)：在工厂生产测试中,对每个器件,测量晶振在一个温度下的频偏；

[0058] 步骤3)：器件第一次使用时,根据工厂测量结果,将查找表里的所有温度下的频偏进行更新；

[0059] 步骤4)：器件读取温度,然后使用查找表来估计任何时刻的晶振频偏。此晶振频偏信息用于器件中的功能模块(例如蜂窝系统收发模块,GNSS定位模块)大幅减少信号搜索的范围,达到和使用温度补偿晶振的同样的性能；

[0060] 步骤5)：器件在使用过程中根据器件中的功能模块(例如蜂窝系统收发模块,GNSS定位模块)输出的对晶振的频偏估计和读取的晶振的温度来更新查找表。

[0061] 详细工作流程如下(图3示例了一个使用晶振的器件的原理图,该器件同时支持蜂窝通信系统和GNSS)：

[0062] 步骤1)：晶振的温度频率特性曲线,可以表示为 $df_0(T)$,其中 T 是晶振温度。此曲线一般由在生产过程中的切割方式和切割角度决定。图1所示的是AT切割方式下的温度频率特性曲线。同一种切割方式下,每个晶振的曲线也有差异,是由晶体的差异和生产的切割角度和其它控制产生的。对同一型号同一批次的晶振,可以使用同一条温度频率特性曲线,将此曲线按照查找表(例如1C一个点)的方式在器件生产过程中写入非易失性内存(Non-volatile Memory)中。如表1所示。

[0063] 表1:缺省温度频率曲线示例(即 df_0 查找表)

df ₀ 查找表 (缺省曲线)	
温度(°C)	频偏 (ppm)
-30	-12.6
-29	-12.4
-28	-11.9
-27	-11.5
-26	-10.8
.....
.....
.....
82	-14.2
83	-13.9
84	-13.5
85	-13.0

[0065] 这条温度频率特性曲线可以由晶振供应商提供,也可以由器件生产商在实验室测量几个晶振之后,在各个温度点商取平均值得到。由于晶振在器件中的频率,还和每个器件中晶体的负载电容相关。所以晶振在器件中的实际频率,可以认为大概是这个查找表中的频偏值($df_0(T)$,由温度决定)加上一个偏移量(df_{1c} ,由负载电容决定),这个偏移量随每个器件而不同。晶振频率的实际频偏值可以用下面的公式表示：

[0066] $df(T) = df_0(T) + df_{1c}$;

[0067] 如果温度的步长是1C,那么 $T = -30C, -29C, -28C, \dots, 83C, 84C, 85C$,即查找表一共有126行。

[0068] 可见,这个缺省查找表在器件工厂生产中写入的内容 $df_0(T)$ 是各个温度之间的相对值,而并不是器件中晶振频率的实际值。

[0069] 步骤2):为了得到一个器件中晶振频偏在某一温度下的实际值,需要在工厂的生产线上对每个器件中的晶振频率进行测量。器件中的晶振可以使用外置热敏电阻来测量晶振温度,或者使用内置热敏电阻来测量晶振温度(即热敏电阻晶振)。器件需要一个模数转换器(ADC)得到温度的数值。假设一个器件在工厂生产线上测量时,晶振的温度是 T_1 ,此时测量的晶振频率是 $df_1(T_1)$ 。那么可以得到:

[0070] $df_1(T_1) = df_0(T_1) + df_lc$;

[0071] 由此,可以解出:

[0072] $df_lc = df_1(T_1) - df_0(T_1)$;

[0073] 器件将 df_lc 值存在非易失性内存里面。

[0074] 在工厂中测量器件中晶振的频偏可以使用多种方法中的一种。例如,可以给器件输入一个已知频率的单频信号,在器件内部通过快速傅里叶变换(FFT)来测量此信号的频率,该测量频率会由于晶振频偏而有对应的偏移量,从此偏移量可以计算出晶振频偏。另一种方法是有器件发送一个单频信号给工厂生产线上一个接收设备,此接收设备通过FFT来测量此信号的频率,该测量频率会由于晶振频偏而有对应的偏移量,从此偏移量可以计算出晶振频偏;步骤3):在完成上面两个步骤之后,器件在出工厂后的第一次上电时,会从非易失性内存里读取步骤2)中得到的 df_lc ,以及步骤1)中存储的缺省查找表 $df_0(T)$,计算出晶振在每个温度点的实际频偏:

[0075] $df(T) = df_0(T) + df_lc = df_0(T) + df_1(T_1) - df_0(T_1)$;

[0076] 由此得到所有温度(-30C到85C)下晶振的实际频偏的初始估计值, $df(T)$;

[0077] 器件将这些初始估计值存入非易失性内存里。器件可以选择用这些初始估计值 $df(T)$ 来替换步骤1)中查找表里的对应值 $df_0(T)$,或者将 $df(T)$ 存入非易失性内存里的一个新的查找表里。下文将存储 $df(T)$ 的查找表称为“ df 查找表”。例如,上面步骤计算出 $df_lc = 9\text{ppm}$,表2为器件第一次开机初始化后的温度频率曲线示例(即 df 查找表);

[0078] 表2中的频率(df)是表1中的频率(df_0)加上9ppm。

[0079] 表2:器件第一次开机初始化后的温度频率曲线示例(即 df 查找表);

[0080]

df 查找表 (实际温度频率曲线) ↻	
温度(°C)↻	频偏 (ppm)↻
-30↻	-3.6↻
-29↻	-3.4↻
-28↻	-2.9↻
-27↻	-2.5↻
-26↻	-1.8↻
.....↻↻
7↻	2.8↻
.....↻↻
82↻	-5.2↻
83↻	-4.9↻
84↻	-4.5↻
85↻	-4.0↻

[0081] 步骤4):df查找表的作用:在器件的随后使用中,在需要知道晶振偏差时(例如在GNSS信号捕获前,或者蜂窝信号捕获前),先读取晶振的温度,然后在df查找表中就可以得到晶振当前频率的估计值了。晶振的当前频率估计值可以帮助GNSS模块或者蜂窝系统(例如4G LTE,NB-IoT,5G)接收模块快速的捕获信号,大幅提高用户体验。

[0082] 步骤5):由于GNSS信号频率和蜂窝系统的下行信号的频率是已知的,GNSS模块或者蜂窝系统接收模块在捕获到信号后,可以根据信号的频率较准确的估计晶振当前的频率。举例来说。把晶振的真实频偏表示为d,单位是ppm。当蜂窝系统接收机通过捕获和/或跟踪得到到信号频率是f1之后(已知这个信号从基站发射出来的频率是f),那么它可以估计出晶振的频偏是 $d1 = (f1 - f) / f * 1e6$,单位是ppm。一般来说,蜂窝系统接收机对频偏的估计会比较准确,d1和真实值d之间的差距会在 ± 1 ppm范围内。在上面的例子中,假设晶振的真实频偏是 $d = 4.3$ ppm, $f = 800$ MHz,如果捕获到的信号频率是 $f1 = (800\text{MHz} + 4\text{kHz})$,那么估计的频偏 $= (f1 - f) / f * 1e6 = (800\text{MHz} + 4\text{kHz} - 800\text{MHz}) / 800\text{MHz} * 1e6 = 5$ ppm。和晶振真实的频偏4.3ppm相比,估计的误差只有0.7ppm,非常接近了。

[0083] 这时候,可以同时读取晶振的温度,假设为7C,那么就得到7C时晶振的频偏为5ppm。器件可以将df查找表7C那一行的频偏信息用5ppm去更新。如表3所示。

[0084] 表3:器件温度频率曲线示例(即df查找表),温度7°C的频率从2.8ppm更新到5ppm;

[0085] 表3:器件温度频率曲线示例(即df查找表);

[0086]

df 查找表 (实际温度频率曲线) [□]	
温度(°C) [□]	频偏 (ppm) [□]
-30 [□]	-3.6 [□]
-29 [□]	-3.4 [□]
-28 [□]	-2.9 [□]
-27 [□]	-2.5 [□]
-26 [□]	-1.8 [□]
..... [□] [□]
7 [□]	5.0 [□]
..... [□] [□]
82 [□]	-5.2 [□]
83 [□]	-4.9 [□]
84 [□]	-4.5 [□]
85 [□]	-4.0 [□]

[0087] 这个过程会提高df查找表的准确性。同时也可以解决晶振频率随时间长期的变化的问题。

[0088] 需要说明的是上述实施例,并非用来限定本发明的保护范围,在上述技术方案的基础上所作出的等同变换或替代均落入本发明权利要求所保护的范围内。

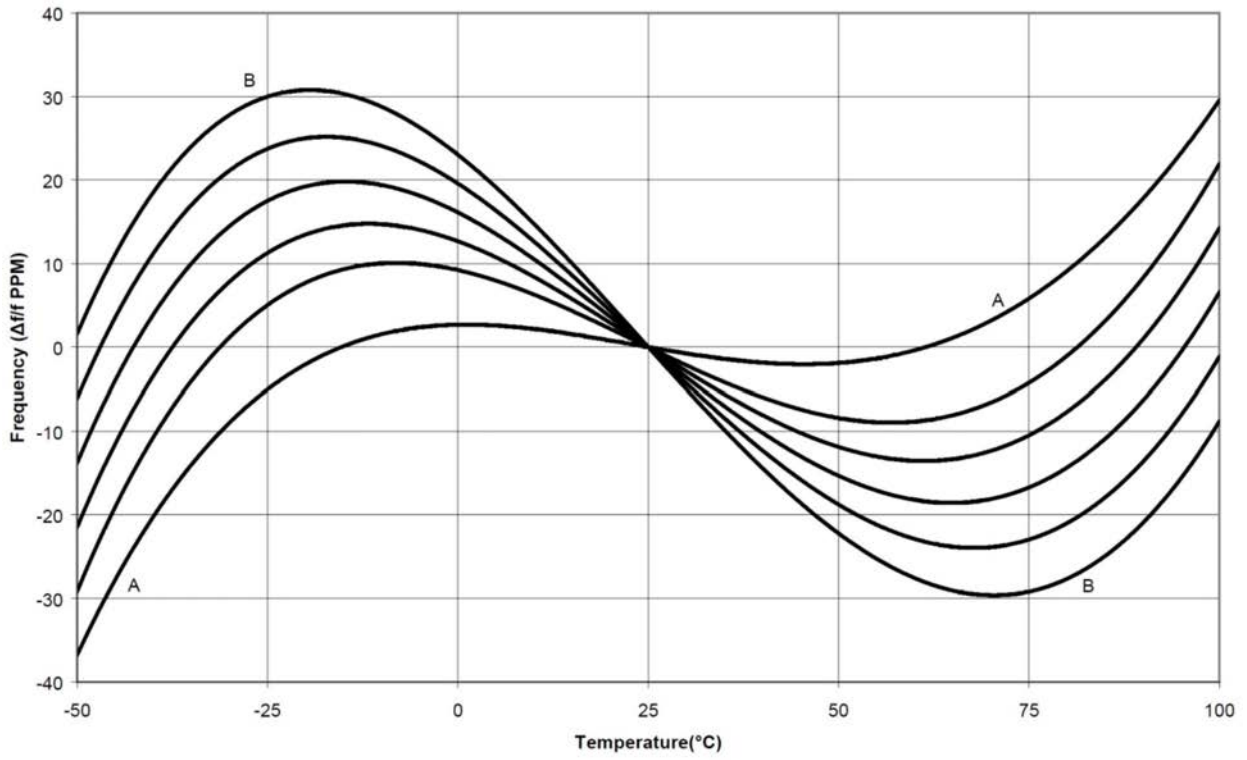


图1

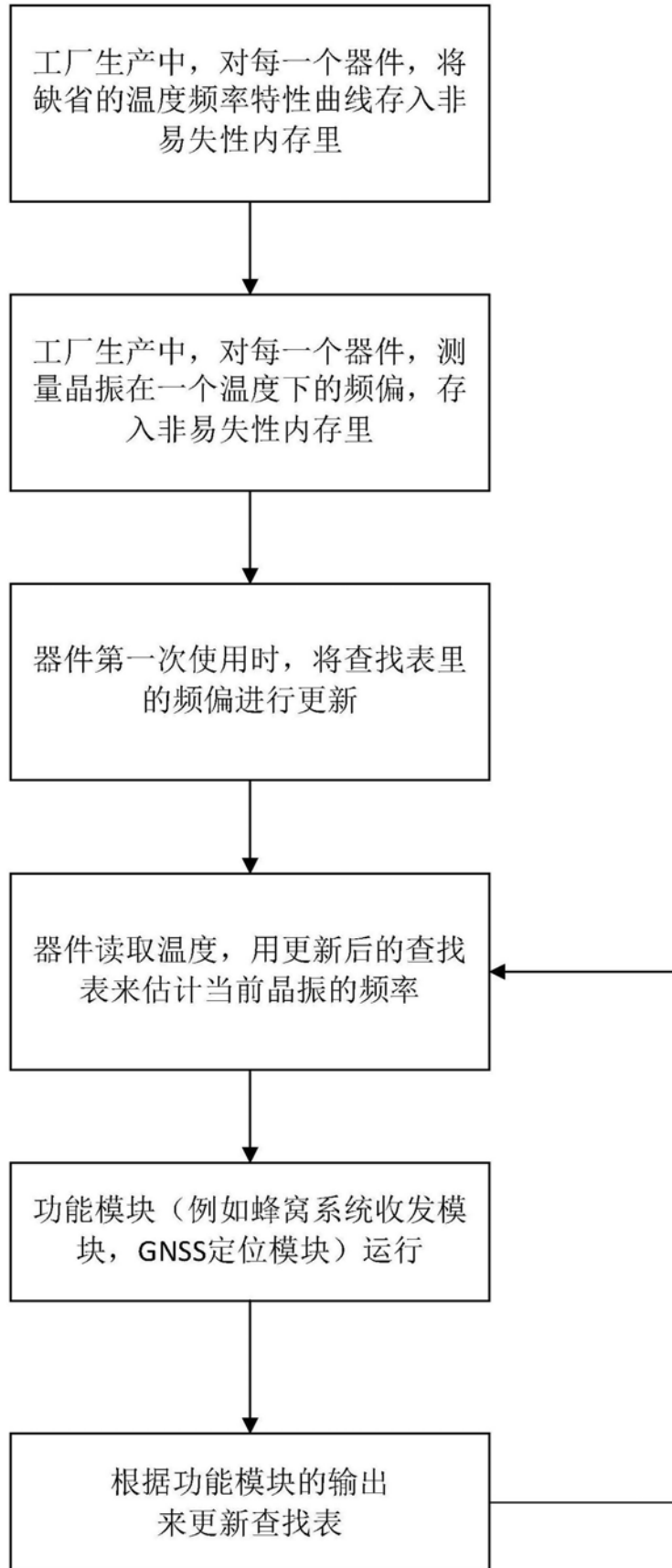


图2

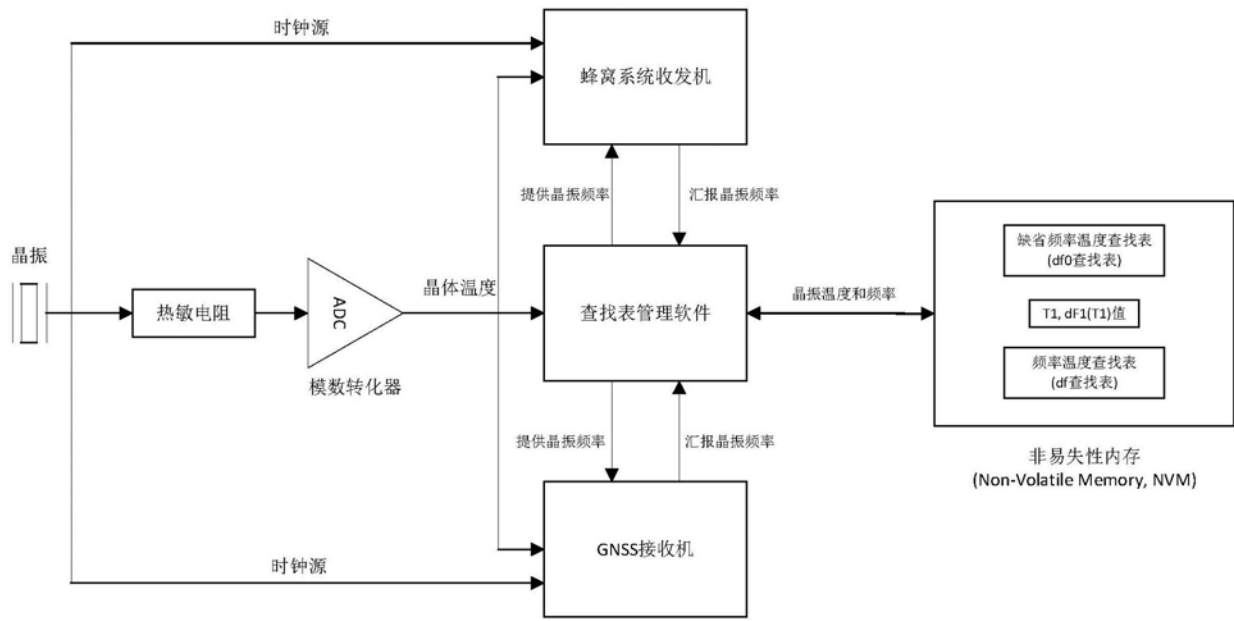


图3