

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2016 年 12 月 29 日 (29.12.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/206384 A1

(51) 国际专利分类号:

H03L 1/00 (2006.01)

(21) 国际申请号:

PCT/CN2016/073540

(22) 国际申请日:

2016 年 2 月 4 日 (04.02.2016)

(25) 申请语言:

中文

(26) 公布语言:

中文

(30) 优先权:

201510366720.4 2015 年 6 月 26 日 (26.06.2015) CN

(71) 申请人: 深圳市中兴微电子有限公司 (ZTE MICROELECTRONICS TECHNOLOGY CO., LTD.)

[CN/CN]; 中国广东省深圳市盐田区大梅沙 1 号厂房, Guangdong 518085 (CN)。

(72) 发明人: 李超 (LI, Chao); 中国广东省深圳市盐田区大梅沙 1 号厂房, Guangdong 518085 (CN)。

谢豪律 (XIE, Haolv); 中国广东省深圳市盐田区大梅沙 1 号厂房, Guangdong 518085 (CN)。

张鹏北 (ZHANG, Pengbei); 中国广东省深圳市盐田区大梅沙 1 号厂房, Guangdong 518085 (CN)。

(74) 代理人: 北京派特恩知识产权代理有限公司 (CHINA PAT INTELLECTUAL PROPERTY OF-

FICE); 中国北京市海淀区海淀南路 21 号中关村知识产权大厦 B 座 2 层, Beijing 100080 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第 21 条(3))。

(54) Title: CRYSTAL OSCILLATOR CIRCUIT, CRYSTAL OSCILLATOR CIRCUIT TUNING METHOD, AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 晶体振荡器电路、晶体振荡器电路的调谐方法及存储介质

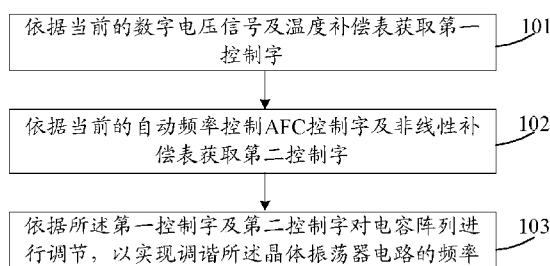


图 1

- 101 ON THE BASIS OF A CURRENT DIGITAL VOLTAGE SIGNAL AND TEMPERATURE COMPENSATION TABLE, ACQUIRE A FIRST CONTROL WORD
- 102 ON THE BASIS OF A CURRENT AUTOMATIC FREQUENCY CONTROL (AFC) CONTROL WORD AND A NON-LINEAR COMPENSATION TABLE ACQUIRE A SECOND CONTROL WORD
- 103 ON THE BASIS OF THE FIRST CONTROL WORD AND THE SECOND CONTROL WORD, IMPLEMENT ADJUSTMENT OF A CAPACITOR ARRAY, IN ORDER TO TUNE THE FREQUENCY OF THE CRYSTAL OSCILLATOR CIRCUIT

(57) Abstract: A crystal oscillator circuit, a crystal oscillator circuit tuning method, and a storage medium, the crystal oscillator circuit tuning method comprising: on the basis of a current digital voltage signal and temperature compensation table, acquiring a first control word (101); on the basis of a current automatic frequency control (AFC) control word and a non-linear compensation table, acquiring a second control word (102); and on the basis of the first control word and the second control word, implementing adjustment of a capacitor array, in order to tune the frequency of the crystal oscillator circuit (103).

(57) 摘要: 一种晶体振荡器电路的调谐方法、晶体振荡器电路及存储介质, 所述晶体振荡器电路的调谐方法包括: 依据当前的数字电压信号及温度补偿表获取第一控制字 (101); 依据当前的自动频率控制 (AFC) 控制字及非线性补偿表获取第二控制字 (102); 依据所述第一控制字及第二控制字对电容阵列进行调节, 以实现调谐所述晶体振荡器电路的频率 (103)。

晶体振荡器电路、晶体振荡器电路的调谐方法及存储介质

技术领域

本发明涉及晶体振荡器技术领域，尤其涉及一种晶体振荡器电路、晶体振荡器电路的调谐方法及存储介质。

5 背景技术

数字补偿晶体振荡器(DCXO, Digitally Compensated Crystal Oscillator)电路在现代无线通信芯片系统中得到广泛应用，通常由以下几部分组成：提供振荡所需负阻的振荡放大器，保证起振的振幅检测与控制电路，有的设计还会加上温度补偿电路来修正温度变化带来的振荡频率的漂移。

10 现有技术中实现晶体振荡器电路调谐的方法大多实现起来电路庞大复杂、频率准确度不高且实现成本较高；因此，提供一种晶体振荡器电路及其调谐方案，能够提高晶体振荡器电路的频率准确度，且可靠性高、成本低，已成为亟待解决的问题。

发明内容

15 有鉴于此，本发明实施例期望提供一种晶体振荡器电路、晶体振荡器电路的调谐方法及存储介质，能够提高晶体振荡器电路的频率准确度，增强用户体验，且可靠性高、成本低。

为达到上述目的，本发明实施例的技术方案是这样实现的：

本发明实施例提供了一种晶体振荡器电路的调谐方法，所述方法包括：

20 依据当前的数字电压信号及温度补偿表获取第一控制字；

依据当前的自动频率控制（AFC, Automatic Frequency Control）控制字及非线性补偿表获取第二控制字；

依据所述第一控制字及第二控制字对电容阵列进行调节，以实现调谐

所述晶体振荡器电路的频率。

上述方案中，所述当前的数字电压信号由输入的模拟电压信号转换得到，且与温度相关。

上述方案中，所述依据当前的数字电压信号及温度补偿表获取第一控制字之前，所述方法还包括：

确定晶体的温度系数，并依据确定的温度系数获取对应所述晶体的温度补偿表。

上述方案中，所述依据当前的数字电压信号及温度补偿表获取第一控制字包括：

10 依据当前的数字电压信号确定对应的温度值，并依据所述温度值采用查找表的方式获取温度补偿表中对应所述温度值的第一补偿电容，依据所述第一补偿电容产生第一控制字。

上述方案中，所述依据当前的 AFC 控制字及非线性补偿表获取第二控制字，包括：

15 依据当前的 AFC 控制字采用查找表的方式获取非线性补偿表中对应所述 AFC 控制字的第二补偿电容，依据所述第二补偿电容产生第二控制字。

上述方案中，所述依据所述第一控制字及第二控制字对电容阵列进行调节，以实现调谐所述晶体振荡器电路的频率，包括：

20 将所述第一控制字及第二控制字相加获得第三控制字，依据所述第三控制字调节电容阵列的大小，以实现调谐所述晶体振荡器电路的频率。

本发明实施例还提供了一种晶体振荡器电路，所述晶体振荡器电路包括：温度补偿电路、非线性补偿电路及调谐电路；其中，

所述温度补偿电路，配置为依据当前的数字电压信号及温度补偿表获取第一控制字；

25 所述非线性补偿电路，配置为依据当前的 AFC 控制字及非线性补偿表

获取第二控制字；

所述调谐电路，配置为依据所述第一控制字及第二控制字对电容阵列进行调节，以实现调谐所述晶体振荡器电路的频率。

上述方案中，所述当前的数字电压信号由输入的模拟电压信号转换得到，且与温度相关；

相应的，所述晶体振荡器电路还包括模数转换器，配置为将输入的模拟电压信号转换得到对应的数字电压信号。

上述方案中，所述晶体振荡器电路还包括处理器，配置为确定晶体的温度系数，并依据确定的温度系数获取对应所述晶体的温度补偿表。

上述方案中，所述温度补偿电路，配置为依据当前的数字电压信号确定对应的温度值，并依据所述温度值采用查找表的方式获取温度补偿表中对应所述温度值的第一补偿电容，依据所述第一补偿电容产生第一控制字。

上述方案中，所述非线性补偿电路，配置为依据当前的 AFC 控制字采用查找表的方式获取非线性补偿表中对应所述 AFC 控制字的第二补偿电容，依据所述第二补偿电容产生第二控制字。

上述方案中，所述调谐电路，配置为将所述第一控制字及第二控制字相加获得第三控制字，依据所述第三控制字调节电容阵列的大小，以实现调谐所述晶体振荡器电路的频率。

本发明实施例还提供了一种计算机存储介质，所述计算机存储介质存储有计算机程序，该计算机程序配置为执行本发明实施例的上述晶体振荡器电路的调谐方法。

本发明实施例所提供的晶体振荡器电路、晶体振荡器电路的调谐方法及存储介质，依据当前的数字电压信号及温度补偿表获取第一控制字；依据当前的 AFC 控制字及非线性补偿表获取第二控制字；依据所述第一控制字及第二控制字对电容阵列进行调节，以实现调谐所述晶体振荡器电路的

频率。如此，通过依据当前的数字电压信号及当前的 AFC 控制字产生的控制字实现晶体振荡器电路的调谐，能够提高晶体振荡器电路的频率准确度及温度特性，增强用户体验，且可靠性高、成本低。

附图说明

- 5 图 1 为本发明实施例一晶体振荡器电路的调谐方法流程示意图；
图 2 为本发明实施例二晶体振荡器电路的调谐方法流程示意图；
图 3 为本发明实施例晶体振荡器电路组成结构示意图。

具体实施方式

- 在本发明实施例中，依据当前的数字电压信号及温度补偿表获取第一
10 控制字；依据当前的 AFC 控制字及非线性补偿表获取第二控制字；依据所述第一控制字及第二控制字对电容阵列进行调节，以实现调谐所述晶体振荡器电路的频率。

实施例一

- 图 1 所示为本发明实施例一晶体振荡器电路的调谐方法流程示意图，
15 如图 1 所示，本发明实施例晶体振荡器电路的调谐方法包括：

步骤 101：依据当前的数字电压信号及温度补偿表获取第一控制字；

本步骤可由晶体振荡器电路中的温度补偿电路实现；

- 本步骤包括：依据当前的数字电压信号确定对应的温度值，并依据所述温度值采用查找表的方式获取温度补偿表中对应所述温度值的第一补偿
20 电容，依据所述第一补偿电容产生第一控制字；所述第一控制字用于表征对应当前的数字电压信号所需的补偿电容的大小；所述对应所述温度值的第一补偿电容为对应所述温度值的最小单位电容数目，即所述第一补偿电容通过最小单位电容数目表示。

这里，所述当前的数字电压信号由温度传感电路输入的模拟电压信号

经模数转换器转换得到，并输入至所述温度补偿电路；所述模拟电压信号由所述温度传感电路产生，且随温度变化而变化，即所述模拟电压信号与温度相关，也即所述数字电压信号与温度相关，其具体关系依据当前采用的温度传感器确定，例如当前的温度传感器采用热敏电阻实现时，所述数字电压信号与温度近似线性关系；

依据当前的数字电压信号确定对应的温度值包括：依据当前的数字电压信号及数字电压信号与温度值的对应关系确定对应的温度值。

在一实施例中，所述依据当前的数字电压信号及温度补偿表获取第一控制字之前，所述方法还包括：

确定晶体的温度系数，并依据确定的温度系数获取对应所述晶体的温度补偿表；该操作可在包含所述晶体振荡器电路的终端出厂前的自动化测试中完成，具体在自动化测试的频率粗调过程中完成；

其中，所述晶体的温度系数包括：第一温度系数 a_1 、第二温度系数 a_2 及第三温度系数 a_3 ；

晶体的频率-温度特性可表示为： $\Delta f_c(T) = a_3(T-T_0)^3 + a_2(T-T_0)^2 + a_1(T-T_0)$ ；其中， T_0 为晶体的拐点温度，约为 25° ；所述晶体可以为 AT 切型； $\Delta f_c(T)$ 表示温度为 T 时的频率变化量。

在一实施例中，所述确定晶体的温度系数包括：

获取晶体温度为 T_1 及 T_3 时的频率差 $\Delta f = f(T_3) - f(T_1)$ ，依据所述频率差 Δf 与温度系数的对应关系获得所述晶体的温度系数；其中， $(T_2 - \Delta T) < T_1 < T_2$ ， $T_2 < T_3 < (T_2 + \Delta T)$ ， T_1 为所述晶体的拐点温度，约为 25° ；所述频率差 Δf 与温度系数的对应关系可通过查表获得。

在晶体振荡器电路中，放大器的输入电阻需要和晶体的串联谐振阻抗相匹配，但是由于放大器的输入阻抗通常都比较高，所以在串联谐振时放大器的阻抗和晶体的阻抗可能出现不匹配，为了解决此问题，通常让晶体

工作在并联谐振模式，由于受到并联电容 C_0 的影响，其频率响应比串联谐振差，因此通常在晶体的两端并联一个电容，以降低 C_0 对并联谐振频率的影响；在并联了电容 C_L 后，电路的谐振频率可以表示为：

$$f_L = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_S + (C_0 + C_L)}{L_S C_S (C_0 + C_L)}} = f_p \sqrt{\frac{C_S + (C_0 + C_L)}{L_S C_S (C_0 + C_L)}} \bigg/ \sqrt{\frac{C_S + C_0}{L_S C_S C_0}};$$

5 其中， C_S 为晶体的动态电容； L_S 为晶体的动态电感； C_0 为静态电容；

由串联谐振频率 $f_q = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_S C_S}}$ ，

$$\text{并联谐振频率 } f_p = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_S + C_0}{L_S C_S C_0}} = f_q \sqrt{\frac{C_S + C_0}{C_0}} \approx f_q \left(1 + \frac{C_S}{2C_0}\right); \text{ 可得,}$$

$$f_L = f_q \sqrt{1 + \frac{C_S}{C_0 + C_L}} \approx f_q \left(1 + \frac{C_S}{2(C_0 + C_L)}\right);$$

10 通过上式可知，可以通过调整负载电容 C_L ，来实现晶振振荡频率的变化，即要想补偿晶体本身温度变化引起的频率变化，需要在温度变化的时候同步改变负载电容；假设负载 C_L 变为 C_x 时刚好抵消掉晶体本身温度变化

引起的频率变化，则有 $f_x = f_q \sqrt{1 + \frac{C_S}{C_0 + C_x}} \approx f_q \left(1 + \frac{C_S}{2(C_0 + C_x)}\right);$

$$\text{由 } f_L - f_x = \Delta f_c \quad \text{可 得} \quad \frac{\Delta f_c}{f_q} \approx \frac{C_S}{2(C_0 + C_L)} - \frac{C_S}{2(C_0 + C_x)}, \quad \text{即}$$

$$C_x \approx \frac{1}{\frac{1}{C_0 + C_L} - \frac{\Delta f_c}{f_q} \cdot \frac{2}{C_S}} - C_0;$$

15 进而可以得到补偿电容和温度的关系为：

$$C_x \approx \frac{1}{\frac{1}{C_0 + C_L} - \frac{a_3(T - T_0)^3 + a_2(T - T_0)^2 + a_1(T - T_0)}{f_q} \cdot \frac{2}{C_S}} - C_0;$$

因此，通过上式可得，依据确定的温度系数 a_1 、 a_2 、 a_3 及当前的温度 T 可获得需要的补偿电容 C_x ；

令最小单位电容为 C_{unit} ，需要补偿的电容个数为 num_C_{unit} ，可得：

$$num_C_{unit} = \frac{C_x - C_{x_min}}{C_{unit}} ;$$

其中， C_{x_min} 为晶体因温度变化所需补偿电容的最小值，为常量；

通过上式可知，对于一个确定的晶体，获得该晶体的温度系数后，对应每一个温度值都可获得其需要的补偿电容的大小及需要的最小单位电容的数目；

综上所述，依据确定的温度系数获取对应所述晶体的温度补偿表包括：

依据确定的温度与所述晶体需要的补偿电容的关系，获得所述晶体在每个温度值需要的最小单位电容的数目，进而得到所述晶体的温度补偿表；这里，所述每个温度值之间的温度间隔可以依据需要进行设定，例如所述温度间隔可以为 0.5° ；所述温度补偿表在终端出厂前的自动化测试过程中获得后，在后续终端使用过程中的频率精调中可直接应用，即终端可依据当前的温度通过所述温度补偿表直接获得对应所需的最小单位电容数目。

在一实施例中，所述确定晶体的温度系数之前，所述方法还包括：

对晶体振荡器电路的频率进行粗调（Coarse Calibration），以校准所述晶体振荡器电路的初始频率；该操作可在包含所述晶体振荡器电路的终端出厂前的自动化测试中完成，具体在自动化测试的频率粗调过程中完成；

其中，对晶体振荡器电路的频率进行粗调包括：

依据当前发射器 TX 发射的载波信号计算参考时钟误差，并通过调节粗调谐电容阵列的大小实现对所述晶体振荡器电路的频率的校准，获得校准后的控制字；在一实施例中，可校准到误差小于 1ppm；

这里，所述方法还包括：依据校准后控制字的值与参考控制字的值的比值，即校准后控制字的值/参考控制字的值，获得校正系数 k；所述 k 用于作为获取非线性补偿表时的校正系数；所述参考控制字的值可以依据实际需要设定。

在一实施例中, 所述确定晶体的温度系数, 并依据确定的温度系数获取对应所述晶体的温度补偿表之后, 所述方法还包括:

对数字基带 DBB AFC 初始化, 将频率校准到 26MHz, 获取 AFC 控制字初始值和斜率 slope; 所述 AFC 控制字初始值和 slope 用于终端开机时快速搜索频率。

步骤 102: 依据当前的 AFC 控制字及非线性补偿表获取第二控制字;

本步骤可由晶体振荡器电路中的非线性补偿电路实现;

本步骤之前, 所述方法还包括: 依据 AFC 控制字与校正频率-AFC 控制字曲线所需的补偿电容的关系获取所述非线性补偿表;

10 设 AFC 控制字的值为 y , 预失真后的控制字为 z , 那么有:

$$f_x = f_q \sqrt{1 + \frac{C_s}{C_0 + C_x}} \approx f_q \left(1 + \frac{C_s}{2(C_0 + C_x)} \right);$$

若 f - y 曲线是线性的, 则 $f_y = ay + b$; 其中, a 、 b 为常量, 可依据实际情况进行设定;

令 $f_z = f_y$ 可得: $C_z \approx \frac{f_q \cdot C_s}{2(ay + b - f_q)} - C_0$; 经校正系数 k 校正后可得:

$$15 \quad C'_z \approx \frac{k \cdot f_q \cdot C_s}{2(ay + b - f_q)} - C_0;$$

通过上式可得, 依据确定的 AFC 控制字及校正系数 k 可获得实际需要的补偿电容 C'_z ;

令最小单位电容为 C_{unit} , 需要补偿的电容个数为 z , 可得:

$$z = \frac{C'_z - C_{z_min}}{C_{unit}};$$

20 其中, C_{z_min} 为: 为补偿频率-AFC 控制字曲线的非线性所需补偿电容的最小值, 为常量;

综上所述, 所述依据 AFC 控制字与校正频率-AFC 控制字曲线所需的

补偿电容的关系获取所述非线性补偿表包括:

依据确定的校正系数 k 确定在晶体振荡器电路中, 不同的 AFC 控制字的值对应的所需最小单位电容的数目, 进而得到所述非线性补偿表; 这里所述非线性补偿表在终端出厂前的自动化测试过程中获得后, 在后续终端使用过程中的频率精调中可直接应用;

在一实施例中, 所述依据当前的 AFC 控制字及非线性补偿表获取第二控制字, 包括:

依据当前的 AFC 控制字采用查找表的方式获取非线性补偿表中对应所述 AFC 控制字的第二补偿电容, 依据所述第二补偿电容产生第二控制字;

所述第二控制字用于表征对应当前的 AFC 控制字所需的最小单位电容的数目; 所述第二补偿电容通过最小单位电容数目表示。

在一实施例中, 所述方法还包括: 依据当前的 AFC 控制字及 AFC 控制字与校正频率-AFC 控制字曲线所需的补偿电容的关系获取第二控制字;

这里, 所述 AFC 控制字与校正频率-AFC 控制字曲线所需的补偿电容的关系为: $C'_z \approx \frac{k \cdot f_q \cdot C_s}{2(a\gamma + b - f_q)} - C_0$;

所述依据当前的 AFC 控制字及 AFC 控制字与校正频率-AFC 控制字曲线所需的补偿电容的关系获取第二控制字, 包括:

依据当前的 AFC 控制字及 $C'_z \approx \frac{k \cdot f_q \cdot C_s}{2(a\gamma + b - f_q)} - C_0$ 获得校正频率-AFC 控制字曲线所需的补偿电容 C'_z , 依据所述补偿电容 C'_z 获得对应的最小单位电容的数目, 并依据获得的最小单位电容的数目产生第二控制字。

需要说明的是, 步骤 101 与步骤 102 的操作顺序不分先后, 可并行处理。

步骤 103: 依据所述第一控制字及第二控制字对电容阵列进行调节, 以实现调谐所述晶体振荡器电路的频率;

本步骤可由晶体振荡器电路中的调谐电路实现;

本步骤包括: 将所述第一控制字及第二控制字相加获得第三控制字, 依据所述第三控制字调节电容阵列的大小, 以实现调谐所述晶体振荡器电路的频率; 这里, 所述第三控制字用于表征调谐所述晶体振荡器电路所需的最小单位电容的数目。

实施例二

图 2 为本发明实施例二晶体振荡器电路的调谐方法流程示意图; 如图 2 所示, 本发明实施例晶体振荡器电路的调谐方法包括:

步骤 201: 依据 AFC 控制字与校正频率-AFC 控制字曲线所需的补偿电容的关系获取非线性补偿表;

确定校正系数 k , 并依据确定的校正系数 k 确定在晶体振荡器电路中, 不同的 AFC 控制字的值对应的所需最小单位电容的数目, 进而得到所述非线性补偿表;

其中, 所述确定校正系数 k 包括:

通过调节粗调谐电容阵列的大小对所述晶体振荡器电路的频率进行粗校准, 并获得校准后的控制字; 在一实施例中, 可校准到误差小于 1ppm;

这里, 所述方法还包括: 依据校准后控制字的值与参考控制字的值的比值获得校正系数 k ; 其中, 所述参考控制字的值可以依据实际需要进行设定; 对于确定的射频处理电路/终端, 所述 k 为常量。

确定在晶体振荡器电路中, 不同的 AFC 控制字的值对应的所需最小单位电容的数目, 包括:

依据 $C'_z \approx \frac{k \cdot f_q \cdot C_s}{2(ay + b - f_q)} - C_0$ 确定在晶体振荡器电路中, 不同的 AFC 控制字

的值对应的所需补偿电容的大小 C'_z , 并依据 $z = \frac{C'_z - C_{z_min}}{C_{unit}}$ 获得对应的所需最

小单位电容的数目;

其中, y 为 AFC 控制字; $f_q = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s C_s}}$ 为串联谐振频率; C_s 为晶体的动态电容; C_0 为静态电容; C_z 为对应 AFC 控制字 y 所需的补偿电容的大小; a 、 b 为常量, 可依据实际情况进行设定; C_{z_min} 为: 为补偿频率-AFC 控制字曲线的非线性所需补偿电容的最小值, 为常量; C_{unit} 为最小单位电容。

- 5 需要说明的是, 本步骤获得非线性补偿表对应的操作仅需在首次执行本发明晶体振荡器电路的调谐方法时执行或在包含所述晶体振荡器电路的终端出厂前的自动化测试中完成即可, 后续可直接使用。

步骤 202: 依据当前晶体的温度系数获取对应所述晶体的温度补偿表;

- 这里, 所述晶体的温度系数包括: 第一温度系数 a_1 、第二温度系数 a_2
10 及第三温度系数 a_3 ;

晶体的频率-温度特性可表示为: $\Delta f_c(T) = a_3(T - T_0)^3 + a_2(T - T_0)^2 + a_1(T - T_0)$;

其中, T_0 为晶体的拐点温度, 约为 25° ; 所述晶体可以为 AT 切型;

$\Delta f_c(T)$ 表示温度为 T 时的频率变化量。

- 本步骤之前, 所述方法还包括: 确定晶体的温度系数; 需要说明的是
15 本操作仅在终端出厂前的自动化测试中执行即可;

所述确定晶体的温度系数包括:

- 获取晶体温度为 T_1 及 T_3 时的频率差 $\Delta f = f(T_3) - f(T_1)$, 依据所述频率差 Δf 与温度系数的对应关系获得所述晶体的温度系数; 其中, $(T_2 - \Delta T) < T_1 < T_2$, $T_2 < T_3 < (T_2 + \Delta T)$, T_1 为所述晶体的拐点温度, 约为 25° ; 所
20 述频率差 Δf 与温度系数的对应关系可通过查表获得; 对于确定的晶体, 对应的温度系数为常数。

在晶体振荡器电路中, 放大器的输入电阻需要和晶体的串联谐振阻抗相匹配, 但是由于放大器的输入阻抗通常都比较高, 所以在串联谐振时放大器的阻抗和晶体的阻抗可能出现不匹配, 为了解决此问题, 通常让晶体

工作在并联谐振模式，由于受到并联电容 C_0 的影响，其频率响应比串联谐振差，因此通常在晶体的两端并联一个电容，以降低 C_0 对并联谐振频率的影响；在并联了电容 C_L 后，电路的谐振频率可以表示为：

$$f_L = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_S + (C_0 + C_L)}{L_S C_S (C_0 + C_L)}} = f_p \sqrt{\frac{C_S + (C_0 + C_L)}{L_S C_S (C_0 + C_L)}} \bigg/ \sqrt{\frac{C_S + C_0}{L_S C_S C_0}};$$

5 其中， C_S 为晶体的动态电容； L_S 为晶体的动态电感； C_0 为静态电容；

由串联谐振频率 $f_q = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_S C_S}}$ ，

$$\text{并联谐振频率 } f_p = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_S + C_0}{L_S C_S C_0}} = f_q \sqrt{\frac{C_S + C_0}{C_0}} \approx f_q \left(1 + \frac{C_S}{2C_0}\right); \text{ 可得,}$$

$$f_L = f_q \sqrt{1 + \frac{C_S}{C_0 + C_L}} \approx f_q \left(1 + \frac{C_S}{2(C_0 + C_L)}\right);$$

10 通过上式可知，可以通过调整负载电容 C_L ，来实现晶振振荡频率的变化，即要想补偿晶体本身温度变化引起的频率变化，需要在温度变化的时候同步改变负载电容；假设负载 C_L 变为 C_x 时刚好抵消掉晶体本身温度变化

引起的频率变化，则有 $f_x = f_q \sqrt{1 + \frac{C_S}{C_0 + C_x}} \approx f_q \left(1 + \frac{C_S}{2(C_0 + C_x)}\right);$

$$\text{由 } f_L - f_x = \Delta f_c \quad \text{可 得} \quad \frac{\Delta f_c}{f_q} \approx \frac{C_S}{2(C_0 + C_L)} - \frac{C_S}{2(C_0 + C_x)}, \quad \text{即}$$

$$C_x \approx \frac{1}{\frac{1}{C_0 + C_L} - \frac{\Delta f_c}{f_q} \cdot \frac{2}{C_S}} - C_0;$$

15 进而可以得到补偿电容和温度的关系为：

$$C_x \approx \frac{1}{\frac{1}{C_0 + C_L} - \frac{a_3(T - T_0)^3 + a_2(T - T_0)^2 + a_1(T - T_0)}{f_q} \cdot \frac{2}{C_S}} - C_0;$$

因此，通过上式可得，依据确定的温度系数 a_1 、 a_2 、 a_3 及当前的温度 T 可获得需要的补偿电容 C_x ；

令最小单位电容为 C_{unit} ，需要补偿的电容个数为 $\text{num_}C_{\text{unit}}$ ，可得：

$$num_C_{unit} = \frac{C_x - C_{x_min}}{C_{unit}};$$

其中, C_{x_min} 为晶体因温度变化所需补偿电容的最小值, 为常量;

通过上式可知, 对于一个确定的晶体, 获得该晶体的温度系数后, 对应每一个温度值都可获得其需要的补偿电容的大小及需要的最小单位电容的数目;

综上所述, 依据当前晶体的温度系数获取对应所述晶体的温度补偿表包括:

$$\text{依据 } C_x \approx \frac{1}{\frac{1}{C_0 + C_L} - \frac{a_3(T - T_0)^3 + a_2(T - T_0)^2 + a_1(T - T_0)}{f_q} \cdot \frac{2}{C_S}} - C_0, \text{ 获得所述晶体}$$

在每个温度值需要的补偿电容的大小 C_x , 并依据 $num_C_{unit} = \frac{C_x - C_{x_min}}{C_{unit}}$ 获得对

应的最小单位电容的数目, 进而得到所述晶体的温度补偿表; 这里, 所述每个温度值之间的温度间隔可以依据需要进行设定, 例如所述温度间隔可以为 0.5° 。

需要说明的是, 本步骤获得温度补偿表对应的操作仅需在首次执行本发明晶体振荡器电路的调谐方法时执行或在包含所述晶体振荡器电路的终端出厂前的自动化测试中完成即可, 后续可直接应用。

在一实施例中, 本步骤之后, 所述方法还包括:

对 DBB AFC 初始化, 将频率校准到 26MHz, 获取 AFC 控制字初始值和斜率 slope; 所述 AFC 控制字初始值和 slope 用于终端开机时快速搜索频率; 需要说明的是本操作仅在终端出厂前的自动化测试中执行即可。

步骤 203: 依据当前的数字电压信号及温度补偿表获取第一控制字;

这里, 所述当前的数字电压信号由温度传感电路输入的模拟电压信号经模数转换器转换得到, 并输入至所述温度补偿电路; 所述模拟电压信号由所述温度传感电路产生, 且随温度变化而变化, 即所述模拟电压信号与

温度相关，也即所述数字电压信号与温度相关。

本步骤包括：依据当前的数字电压信号确定对应的温度值，并依据所述温度值采用查找表的方式获取温度补偿表中对应所述温度值的第一补偿电容，依据所述第一补偿电容产生第一控制字；所述第一控制字用于表征
5 对应当前的数字电压信号所需的补偿电容的大小；所述对应所述温度值的第一补偿电容为对应所述温度值的最小单位电容数目，即所述第一补偿电容通过最小单位电容数目表示。

步骤 204：依据当前的 AFC 控制字及非线性补偿表获取第二控制字；

本步骤包括：依据当前的 AFC 控制字采用查找表的方式获取非线性补偿表中对应所述 AFC 控制字的第二补偿电容，依据所述第二补偿电容产生
10 第二控制字；

所述第二控制字用于表征对应当前的 AFC 控制字所需的最小单位电容的数目；所述第二补偿电容通过最小单位电容数目表示。

需要说明的是，步骤 203 与步骤 204 的操作顺序不分先后，可并行处
15 理。

步骤 205：依据所述第一控制字及第二控制字对电容阵列进行调节，以实现调谐所述晶体振荡器电路的频率；

本步骤包括：将所述第一控制字及第二控制字相加获得第三控制字，依据所述第三控制字调节电容阵列的大小，以实现调谐所述晶体振荡器电
20 路的频率；这里，所述第三控制字用于表征调谐所述晶体振荡器电路所需的最小单位电容的数目。

实施例三

图 3 为本发明实施例晶体振荡器电路组成结构示意图；如图 3 所示，本发明实施例晶体振荡器电路组成包括：温度补偿电路 31、非线性补偿电
25 路 32 及调谐电路 33；其中，

所述温度补偿电路 31, 配置为依据当前的数字电压信号及温度补偿表获取第一控制字;

所述非线性补偿电路 32, 配置为依据当前的 AFC 控制字及非线性补偿表获取第二控制字;

5 所述调谐电路 33, 配置为依据所述第一控制字及第二控制字对电容阵列进行调节, 以实现调谐所述晶体振荡器电路的频率。

在一实施例中, 所述当前的数字电压信号由输入的模拟电压信号转换得到, 且与温度相关;

10 相应的, 所述晶体振荡器电路还包括模数转换器 34, 配置为将输入的模拟电压信号转换得到对应的数字电压信号。

在一实施例中, 所述晶体振荡器电路还包括处理器 35, 配置为确定晶体的温度系数, 并依据确定的温度系数获取对应所述晶体的温度补偿表;

其中, 所述晶体的温度系数包括: 第一温度系数 a_1 、第二温度系数 a_2 及第三温度系数 a_3 ;

15 晶体的频率-温度特性可表示为: $\Delta f_c(T) = a_3(T - T_0)^3 + a_2(T - T_0)^2 + a_1(T - T_0)$;

其中, T_0 为晶体的拐点温度, 约为 25° ; 所述晶体可以为 AT 切型;

$\Delta f_c(T)$ 表示温度为 T 时的频率变化量。

在一实施例中, 所述处理器 35, 配置为获取晶体温度为 T_1 及 T_3 时的频率差 $\Delta f = f(T_3) - f(T_1)$, 依据所述频率差 Δf 与温度系数的对应关系获得
20 所述晶体的温度系数; 其中, $(T_2 - \Delta T) < T_1 < T_2$, $T_2 < T_3 < (T_2 + \Delta T)$, T_1 为所述晶体的拐点温度, 约为 25° ; 所述频率差 Δf 与温度系数的对应关系可通过查表获得。

在晶体振荡器电路中, 放大器的输入电阻需要和晶体的串联谐振阻抗相匹配, 但是由于放大器的输入阻抗通常都比较高, 所以在串联谐振时放
25 大器的阻抗和晶体的阻抗可能出现不匹配, 为了解决此问题, 通常让晶体

工作在并联谐振模式，由于受到并联电容 C_0 的影响，其频率响应比串联谐振差，因此通常在晶体的两端并联一个电容，以降低 C_0 对并联谐振频率的影响；在并联了电容 C_L 后，电路的谐振频率可以表示为：

$$f_L = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_S + (C_0 + C_L)}{L_S C_S (C_0 + C_L)}} = f_p \sqrt{\frac{C_S + (C_0 + C_L)}{L_S C_S (C_0 + C_L)}} \bigg/ \sqrt{\frac{C_S + C_0}{L_S C_S C_0}};$$

5 其中， C_S 为晶体的动态电容； L_S 为晶体的动态电感； C_0 为静态电容；

由串联谐振频率 $f_q = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_S C_S}}$ ，

$$\text{并联谐振频率 } f_p = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_S + C_0}{L_S C_S C_0}} = f_q \sqrt{\frac{C_S + C_0}{C_0}} \approx f_q \left(1 + \frac{C_S}{2C_0}\right); \text{ 可得,}$$

$$f_L = f_q \sqrt{1 + \frac{C_S}{C_0 + C_L}} \approx f_q \left(1 + \frac{C_S}{2(C_0 + C_L)}\right);$$

10 通过上式可知，可以通过调整负载电容 C_L ，来实现晶振振荡频率的变化，即要想补偿晶体本身温度变化引起的频率变化，需要在温度变化的时候同步改变负载电容；假设负载 C_L 变为 C_x 时刚好抵消掉晶体本身温度变化

引起的频率变化，则有 $f_x = f_q \sqrt{1 + \frac{C_S}{C_0 + C_x}} \approx f_q \left(1 + \frac{C_S}{2(C_0 + C_x)}\right);$

$$\text{由 } f_L - f_x = \Delta f_c \quad \text{可 得} \quad \frac{\Delta f_c}{f_q} \approx \frac{C_S}{2(C_0 + C_L)} - \frac{C_S}{2(C_0 + C_x)}, \quad \text{即}$$

$$C_x \approx \frac{1}{\frac{1}{C_0 + C_L} - \frac{\Delta f_c}{f_q} \cdot \frac{2}{C_S}} - C_0;$$

15 进而可以得到补偿电容和温度的关系为：

$$C_x \approx \frac{1}{\frac{1}{C_0 + C_L} - \frac{a_3(T - T_0)^3 + a_2(T - T_0)^2 + a_1(T - T_0)}{f_q} \cdot \frac{2}{C_S}} - C_0;$$

因此，通过上式可得，依据确定的温度系数 a_1 、 a_2 、 a_3 及当前的温度 T 可获得需要的补偿电容 C_x ；

令最小单位电容为 C_{unit} ，需要补偿的电容个数为 $\text{num_}C_{\text{unit}}$ ，可得：

$$num_C_{unit} = \frac{C_x - C_{x_min}}{C_{unit}};$$

其中, C_{x_min} 为晶体因温度变化所需补偿电容的最小值, 为常量;

通过上式可知, 对于一个确定的晶体, 获得该晶体的温度系数后, 对应每一个温度值都可获得其需要的补偿电容的大小及需要的最小单位电容的数目;

综上所述, 所述处理器 35 依据确定的温度系数获取对应所述晶体的温度补偿表包括:

所述处理器 35 依据确定的温度与所述晶体需要的补偿电容的关系, 获得所述晶体在每个温度值需要的最小单位电容的数目, 进而得到所述晶体的温度补偿表; 这里, 所述每个温度值之间的温度间隔可以依据需要进行设定, 例如所述温度间隔可以为 0.5° ; 所述温度补偿表在终端出厂前的自动化测试过程中获得后, 在后续终端使用过程中的频率精调中可直接应用, 即终端可依据当前的温度通过所述温度补偿表直接获得对应所需的最小单位电容数目。

在一实施例中, 所述晶体振荡器电路还包括频率粗调电路 36, 配置为对晶体振荡器电路的频率进行粗调, 以校准所述晶体振荡器电路的初始频率; 配置为依据当前发射器 TX 发射的载波信号计算参考时钟误差, 并通过调节粗调谐电容阵列 (ATE Calibration SC array) 的大小实现对所述晶体振荡器电路的频率的校准, 获得校准后的控制字; 在一实施例中, 可校准到误差小于 1ppm。

在一实施例中, 所述频率粗调电路 36, 还配置为依据校准后控制字的值与参考控制字的值的比值, 即校准后控制字的值/参考控制字的值, 获得校正系数 k; 所述 k 用于作为获取非线性补偿表时的校正系数; 所述参考控制字的值可以依据实际需要进行设定。

在一实施例中, 所述温度补偿电路 31, 配置为依据当前的数字电压信

号确定对应的温度值，并依据所述温度值采用查找表的方式获取温度补偿表中对应所述温度值的第一补偿电容，依据所述第一补偿电容产生第一控制字；所述第一控制字用于表征对应当前的数字电压信号所需的补偿电容的大小；所述对应所述温度值的第一补偿电容为对应所述温度值的最小单位电容数目，即所述第一补偿电容通过最小单位电容数目表示。

在一实施例中，所述非线性补偿电路 32，配置为依据当前的 AFC 控制字采用查找表的方式获取非线性补偿表中对应所述 AFC 控制字的第二补偿电容，依据所述第二补偿电容产生第二控制字；

所述第二控制字用于表征对应当前的 AFC 控制字所需的最小单位电容的数目；所述第二补偿电容通过最小单位电容数目表示。

在一实施例中，所述处理器 35，还配置为依据 AFC 控制字与校正频率-AFC 控制字曲线所需的补偿电容的关系获取所述非线性补偿表；

设 AFC 控制字的值为 y ，预失真后的控制字为 z ，那么有：

$$f_x = f_q \sqrt{1 + \frac{C_s}{C_0 + C_x}} \approx f_q \left(1 + \frac{C_s}{2(C_0 + C_x)} \right);$$

若 f - y 曲线是线性的，则 $f_y = ay + b$ ；其中， a 、 b 为常量，可依据实际情况进行设定；

令 $f_z = f_y$ 可得： $C_z \approx \frac{f_q \cdot C_s}{2(ay + b - f_q)} - C_0$ ；经校正系数 k 校正后可得：

$$C'_z \approx \frac{k \cdot f_q \cdot C_s}{2(ay + b - f_q)} - C_0;$$

通过上式可得，依据确定的 AFC 控制字及校正系数 k 可获得实际需要的补偿电容 C'_z ；

令最小单位电容为 C_{unit} ，需要补偿的电容个数为 z ，可得：

$$z = \frac{C'_z - C_{z_min}}{C_{unit}};$$

其中, C_{z_min} 为: 为补偿频率-AFC 控制字曲线的非线性所需补偿电容的最小值, 为常量;

综上所述, 所述处理器 35 依据 AFC 控制字与校正频率-AFC 控制字曲线所需的补偿电容的关系获取所述非线性补偿表包括:

5 所述处理器 35 依据确定的校正系数 k 确定在晶体振荡器电路中, 不同的 AFC 控制字的值对应的所需最小单位电容的数目, 进而得到所述非线性补偿表; 这里所述非线性补偿表在终端出厂前的自动化测试过程中获得后, 在后续终端使用过程中的频率精调中可直接应用。

10 在一实施例中, 所述非线性补偿电路 32, 还配置为依据当前的 AFC 控制字及 AFC 控制字与校正频率-AFC 控制字曲线所需的补偿电容的关系获取第二控制字;

这里, 所述 AFC 控制字与校正频率-AFC 控制字曲线所需的补偿电容的关系为: $C'_z \approx \frac{k \cdot f_q \cdot C_s}{2(a\gamma + b - f_q)} - C_0$;

15 所述非线性补偿电路 32 依据当前的 AFC 控制字及 AFC 控制字与校正频率-AFC 控制字曲线所需的补偿电容的关系获取第二控制字, 包括:

所述非线性补偿电路 32 依据当前的 AFC 控制字及 $C'_z \approx \frac{k \cdot f_q \cdot C_s}{2(a\gamma + b - f_q)} - C_0$

获得校正频率-AFC 控制字曲线所需的补偿电容 C'_z , 依据所述补偿电容 C'_z 获得对应的最小单位电容的数目, 并依据获得的最小单位电容的数目产生第二控制字。

20 在一实施例中, 所述调谐电路 33, 配置为将所述第一控制字及第二控制字相加获得第三控制字, 依据所述第三控制字调节电容阵列的大小, 以实现调谐所述晶体振荡器电路的频率;

这里, 所述第三控制字用于表征调谐所述晶体振荡器电路所需的最小单位电容的数目。

本发明实施例中，如果以软件功能模块的形式实现上述晶体振荡器电路的调谐方法，并作为独立的产品销售或使用，也可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，本发明实施例的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来，该计
5 算机软件产品存储在一个存储介质中，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机、服务器、或者网络设备等）执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分。而前述的存储介质包括：U 盘、移动硬盘、只读存储器（Read Only Memory, ROM）、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。这样，本发明实施例不限制于任何特定的硬件和软件结合。

10 相应地，本发明实施例还提供一种计算机存储介质，该计算机存储介质中存储有计算机程序，该计算机程序用于执行本发明实施例的上述晶体振荡器电路的调谐方法。

以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并非用于限定本发明的保护范围。

15 工业实用性

本发明实施例依据当前的数字电压信号及温度补偿表获取第一控制字；依据当前的 AFC 控制字及非线性补偿表获取第二控制字；依据所述第一控制字及第二控制字对电容阵列进行调节，以实现调谐所述晶体振荡器电路的频率。如此，通过依据当前的数字电压信号及当前的 AFC 控制字产
20 生的控制字实现晶体振荡器电路的调谐，能够提高晶体振荡器电路的频率准确度及温度特性，增强用户体验，且可靠性高、成本低。

权利要求书

1、一种晶体振荡器电路的调谐方法，所述方法包括：

依据当前的数字电压信号及温度补偿表获取第一控制字；

依据当前的自动频率控制 AFC 控制字及非线性补偿表获取第二控制

5 字；

依据所述第一控制字及第二控制字对电容阵列进行调节，以实现调谐所述晶体振荡器电路的频率。

2、根据权利要求 1 所述方法，其中，所述当前的数字电压信号由输入的模拟电压信号转换得到，且与温度相关。

10 3、根据权利要求 1 或 2 所述方法，其中，所述依据当前的数字电压信号及温度补偿表获取第一控制字之前，所述方法还包括：

确定晶体的温度系数，并依据确定的温度系数获取对应所述晶体的温度补偿表。

15 4、根据权利要求 1 或 2 所述方法，其中，所述依据当前的数字电压信号及温度补偿表获取第一控制字包括：

依据当前的数字电压信号确定对应的温度值，并依据所述温度值采用查找表的方式获取温度补偿表中对应所述温度值的第一补偿电容，依据所述第一补偿电容产生第一控制字。

20 5、根据权利要求 1 或 2 所述方法，其中，所述依据当前的 AFC 控制字及非线性补偿表获取第二控制字，包括：

依据当前的 AFC 控制字采用查找表的方式获取非线性补偿表中对应所述 AFC 控制字的第二补偿电容，依据所述第二补偿电容产生第二控制字。

25 6、根据权利要求 1 或 2 所述方法，其中，所述依据所述第一控制字及第二控制字对电容阵列进行调节，以实现调谐所述晶体振荡器电路的频率，包括：

将所述第一控制字及第二控制字相加获得第三控制字，依据所述第三控制字调节电容阵列的大小，以实现调谐所述晶体振荡器电路的频率。

7、一种晶体振荡器电路，所述晶体振荡器电路包括：温度补偿电路、非线性补偿电路及调谐电路；其中，

5 所述温度补偿电路，配置为依据当前的数字电压信号及温度补偿表获取第一控制字；

 所述非线性补偿电路，配置为依据当前的 AFC 控制字及非线性补偿表获取第二控制字；

 所述调谐电路，配置为依据所述第一控制字及第二控制字对电容阵列
10 进行调节，以实现调谐所述晶体振荡器电路的频率。

8、根据权利要求 7 所述晶体振荡器电路，其中，所述当前的数字电压信号由输入的模拟电压信号转换得到，且与温度相关；

 相应的，所述晶体振荡器电路还包括模数转换器，配置为将输入的模拟电压信号转换得到对应的数字电压信号。

15 9、根据权利要求 7 或 8 所述晶体振荡器电路，其中，所述晶体振荡器电路还包括处理器，配置为确定晶体的温度系数，并依据确定的温度系数获取对应所述晶体的温度补偿表。

 10、根据权利要求 7 或 8 所述晶体振荡器电路，其中，所述温度补偿电路，配置为依据当前的数字电压信号确定对应的温度值，并依据所述温
20 度值采用查找表的方式获取温度补偿表中对应所述温度值的第一补偿电容，依据所述第一补偿电容产生第一控制字。

 11、根据权利要求 10 所述晶体振荡器电路，其中，所述非线性补偿电路，配置为依据当前的 AFC 控制字采用查找表的方式获取非线性补偿表中
25 对应所述 AFC 控制字的第二补偿电容，依据所述第二补偿电容产生第二控制字。

12、根据权利要求 8 所述晶体振荡器电路，其中，所述调谐电路，配置为将所述第一控制字及第二控制字相加获得第三控制字，依据所述第三控制字调节电容阵列的大小，以实现调谐所述晶体振荡器电路的频率。

13、一种计算机存储介质，所述计算机存储介质中存储有计算机可执行指令，该计算机可执行指令用于执行权利要求 1 至 6 任一项所述的晶体振荡器电路的调谐方法。

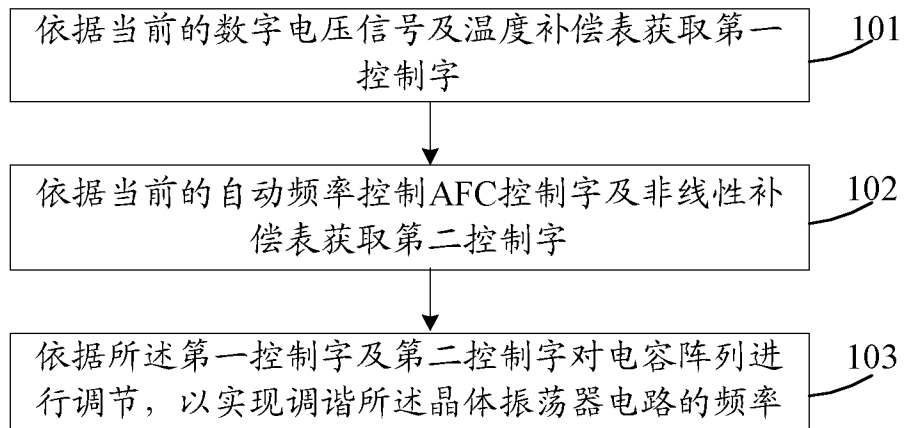


图 1

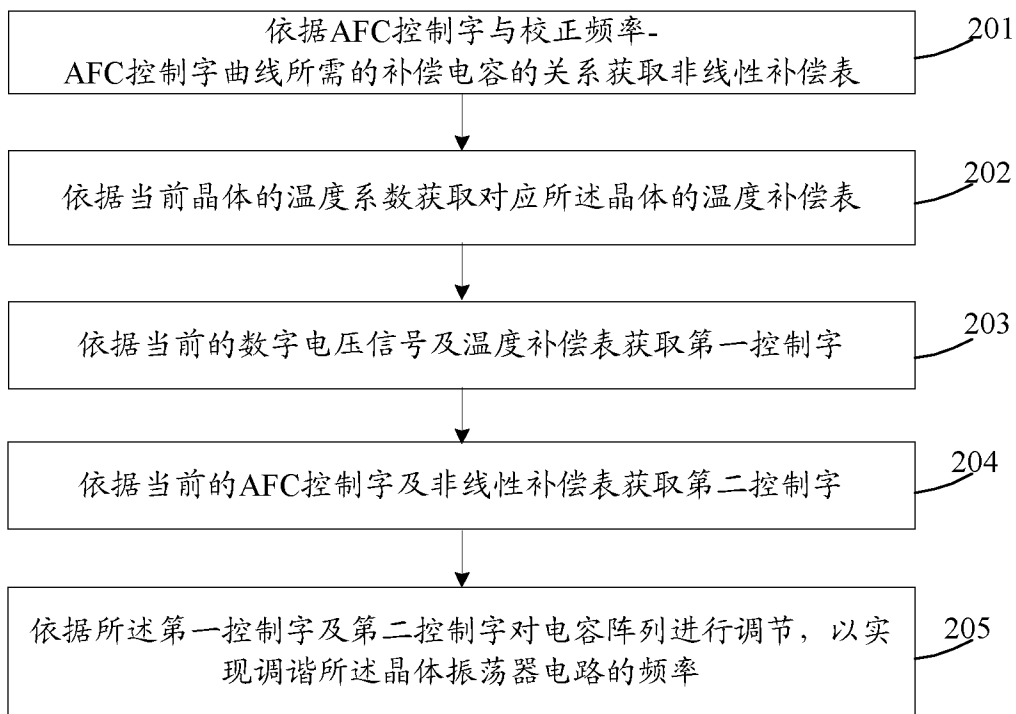


图 2

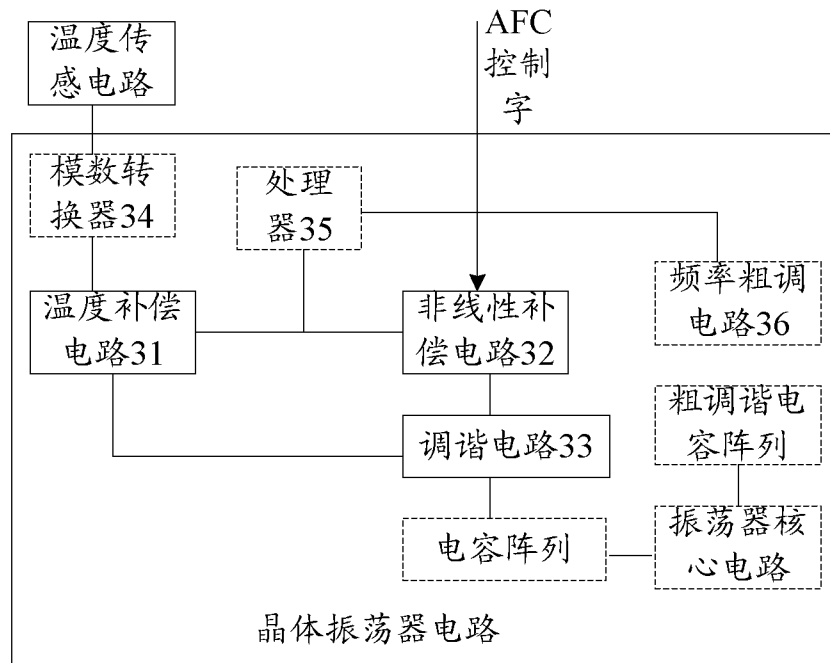


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/073540

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03L 1/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H03L, H03B, H03J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI: automatic frequency control, control word, capacitor array, crystal oscillator, crystal, tempera+, control+, AFC, oscillation, heat, auto, frequen+, capacitor?, compensat+, table

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 101272142 A (CAO, Xiujuan), 24 September 2008 (24.09.2008), description, page 7, last four paragraphs to page 14, paragraph 2, and figures 1-8	1-13
A	CN 103001583 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.), 27 March 2013 (27.03.2013), the whole document	1-13
A	CN 101924534 A (RISING MICRO ELECTRONICS CO., LTD.), 22 December 2010 (22.12.2010), the whole document	1-13
A	CN 1238074 A (MOTOROLA INC.), 08 December 1999 (08.12.1999), the whole document	1-13
A	CN 102075181 A (WUXI ARX ELECTRONICS CO., LTD.), 25 May 2011 (25.05.2011), the whole document	1-13
A	US 2012176203 A1 (NIHON DEMPA KOGYO CO., LTD.), 12 July 2012 (12.07.2012), the whole document	1-13
A	JP 2010166438 A (SEIKO EPSON CORP. et al.), 29 July 2010 (29.07.2010), the whole document	1-13

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 14 April 2016 (14.04.2016)	Date of mailing of the international search report 06 May 2016 (06.05.2016)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer HE, Jian Telephone No.: (86-10) 62413709

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2016/073540

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101272142 A	24 September 2008	CN 101272142 B	18 May 2011
CN 103001583 A	27 March 2013	US 2014184344 A1	03 July 2014
		US 9024698 B2	05 May 2015
CN 101924534 A	22 December 2010	CN 101924534 B	11 July 2012
CN 1238074 A	08 December 1999	JP 2001527707 A	25 December 2001
		KR 20000057646 A	25 September 2000
		US 5760656 A	02 June 1998
		EP 1010251 A4	21 June 2000
		WO 9827651 A1	25 June 1998
		EP 1010251 A1	21 June 2000
		WO 9827652 A1	25 June 1998
		EP 0886921 A1	30 December 1998
		EP 0886921 A4	30 December 1998
		CN 1211354 A	17 March 1999
		JP 2000507073 A	06 June 2000
CN 102075181 A	25 May 2011	CN 102075181 B	25 July 2012
US 2012176203 A1	12 July 2012	JP 5839936 B2	06 January 2016
		US 8610513 B2	17 December 2013
		JP 2012161069 A	23 August 2012
JP 2010166438 A	29 July 2010	JP 5310018 B2	09 October 2013

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2016/073540

A. 主题的分类

H03L 1/00 (2006.01) i

按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)

H03L, H03B, H03J

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用))

WPI, EPDOC, CNPAT, CNKI: 温度, 自动频率控制, 控制字, 电容阵列, 振荡, 晶振, 晶体, 补偿, 表, tempera+, control+, AFC, oscillation, heat, auto, frequen+, capacitor?, compensat+, table

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 101272142 A (曹秀娟) 2008年 9月 24日 (2008 - 09 - 24) 说明书第7页最后4段至第14页第2段、图1至图8	1-13
A	CN 103001583 A (华为技术有限公司) 2013年 3月 27日 (2013 - 03 - 27) 全文	1-13
A	CN 101924534 A (广州市广晟微电子有限公司) 2010年 12月 22日 (2010 - 12 - 22) 全文	1-13
A	CN 1238074 A (摩托罗拉公司) 1999年 12月 8日 (1999 - 12 - 08) 全文	1-13
A	CN 102075181 A (无锡爱睿芯电子有限公司) 2011年 5月 25日 (2011 - 05 - 25) 全文	1-13
A	US 2012176203 A1 (NIHON DEMPA KOGYO CO., LTD.) 2012年 7月 12日 (2012 - 07 - 12) 全文	1-13
A	JP 2010166438 A (SEIKO EPSON CORP. 等) 2010年 7月 29日 (2010 - 07 - 29) 全文	1-13

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2016年 4月 14日

国际检索报告邮寄日期

2016年 5月 6日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

何剑

传真号 (86-10) 62019451

电话号码 (86-10) 62413709

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/073540

检索报告引用的专利文件				公布日 (年/月/日)			同族专利	公布日 (年/月/日)		
CN	101272142	A	2008年 9月 24日	CN	101272142	B		2011年 5月 18日		
CN	103001583	A	2013年 3月 27日	US	2014184344	A1		2014年 7月 3日		
				US	9024698	B2		2015年 5月 5日		
CN	101924534	A	2010年 12月 22日	CN	101924534	B		2012年 7月 11日		
CN	1238074	A	1999年 12月 8日	JP	2001527707	A		2001年 12月 25日		
				KR	20000057646	A		2000年 9月 25日		
				US	5760656	A		1998年 6月 2日		
				EP	1010251	A4		2000年 6月 21日		
				WO	9827651	A1		1998年 6月 25日		
				EP	1010251	A1		2000年 6月 21日		
				WO	9827652	A1		1998年 6月 25日		
				EP	0886921	A1		1998年 12月 30日		
				EP	0886921	A4		1998年 12月 30日		
				CN	1211354	A		1999年 3月 17日		
				JP	2000507073	A		2000年 6月 6日		
CN	102075181	A	2011年 5月 25日	CN	102075181	B		2012年 7月 25日		
US	2012176203	A1	2012年 7月 12日	JP	5839936	B2		2016年 1月 6日		
				US	8610513	B2		2013年 12月 17日		
				JP	2012161069	A		2012年 8月 23日		
JP	2010166438	A	2010年 7月 29日	JP	5310018	B2		2013年 10月 9日		

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)