[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl[7]
G04G 3/02

[12]发明专利说明书

专利号 ZL 01809549.6

[45]授权公告日 2005年7月20日

[11]授权公告号 CN 1211716C

[22]申请日 2001.4.10 [21]申请号 01809549.6
[30]优先权
[32]2000.5.16 [33]US [31]09/571,461
[86]国际申请 PCT/US2001/011616 2001.4.10
[87]国际公布 WO2001/088635 英 2001.11.22
[85]进入国家阶段日期 2002.11.15
[71]专利权人 艾利森公司
地址 美国北卡罗来纳州
[72]发明人 J·J·瓦卢卡斯
A·J·小里科塔
审查员 李 勋

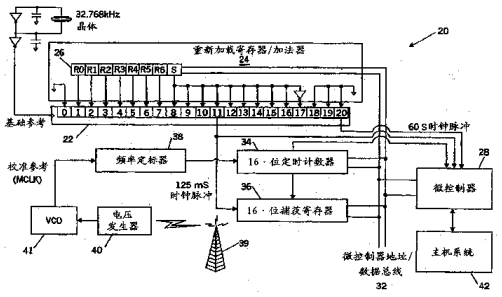
[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 陈景峻 罗 朋

权利要求书4页 说明书16页 附图5页

[54]发明名称 使用一基础参考信号和具有比该基础参考信号更准确的一不连续校准参考信号,用于校准一电子时钟的方法、系统、无线终端以及计算机程序产品

[57]摘要

电子时钟校准系统、方法和计算机程序产品使用一校准参考信号来校准产生一输出信号且响应一基础参考信号的一电子时钟。所述基础参考信号比所述校准参考信号的准确度低，因此，具有一实际频率和与之相关的一理想频率。所述实际频率和所述理想频率间的差值表示所述基础参考信号的不准确性。所述校准参考信号可被用来确定所述基础参考信号的实际频率和理想频率间的差值。只要确定该差值，所述电子时钟输出信号的频率可被调整来补偿所述基础参考信号的不准确性。所述基础参考信号通常是由用户电子设备中的一晶体振荡电路产生的。基于老化、温度、冲击以及其他环境因素容易频率漂移。晶体振荡电路的优点在于它们使用相对小的功能并因此倾向保护电池寿命。一晶体振荡电路的准确性可通过使用不需要连续有效的一更准确的校准参考信号来提高。



ISSN1008-4274

1、一种校准具有一输出信号的电子时钟的方法，包括步骤:

提供一校准参考信号;

提供具有一实际频率和与之相关的一理想频率的一基础参考信号，所述电子时钟正是响应所述基础参考信号;

在一理想的校准间隔设置所述校准参考信号的一理想的周期数，所述理想校准间隔正是基于在其理想频率时一所设置的所述基础参考信号的周期数;

确定在一实际校准间隔中所述校准参考信号的一实际周期数，所述实际校准间隔正是基于在其实际频率一所设置的所述基础参考信号的周期数;

确定所述校准参考信号的实际周期数与所述校准参考信号的理想周期数间的一差值; 以及

基于所述校准参考信号的实际周期数和所述校准参考信号的理想周期数间的所述差值，调整所述电子时钟输出信号的一频率。

2、如权利要求 1 所述的方法，其中确定所述校准参考信号的实际周期数的步骤包括步骤:

提供一计数器，该计数器响应所述校准参考信号;

在所述实际校准间隔开始处读取所述计数器以获得一第一计数;

在所述实际校准间隔结尾处读取所述计数器以获得一第二计数; 以及

从所述第二计数减去所述第一计数。

3、如权利要求 2 所述的方法，其中所述计数器执行一计数序列的 N 个最低有效位以便 N 是其中所述第二计数和第一计数间的一差值是常数的一数字。

4、如权利要求 2 所述的方法，其中从所述第二计数减去所述第一计数的步骤包括步骤:

用使符号扩展的借位（borrow forcing sign extension）从所述第二计数减去所述第一计数。

5、如权利要求 1 所述的方法，其中所述电子时钟包括一计数器以及其中调整所述电子时钟输出信号的频率的步骤包括步骤:

将所述校准参考信号的实际周期数和所述校准参考信号的理想周期数间的所述差值乘以一比例因子来生成一校准值;

在与所述电子时钟有关的一微调寄存器（trim Register）中存储所述校准值; 以及

每个所述电子时钟输出信号周期，将存储在所述微调寄存器中的校准值和一理想偏移的一两部分之和加载到所述电子时钟计数器中一次。

6、如权利要求 5 所述的方法，进一步包括步骤:

将记录一周围温度与将所述校准参考信号的实际周期数与所述校准参考信号的理想周期数间的所述差值乘以所述比例因子以产生所述校准值的步骤同时执行;

在将所述校准参考信号的实际周期数与所述校准参考信号的理想周期数间的所述差值乘以所述比例因子以产生所述校准值的步骤后测量一周围温度; 以及

基于所测量的周围温度和所记录的周围温度间的一差值调整存储在所述微调寄存器中的所述校准值。

7、一种计时系统，包括:

一电子时钟，该电子时钟生成一输出信号和一计数器俘获信号;

一计数器，响应一校准参考信号;

一俘获寄存器，存储响应所述计数器俘获信号的一计数器值;

一微调寄存器（trim Register）;

一加法器，使用两个部分的加法，将所述微调寄存器的内容与一理想偏移相加并在所述电子时钟输出信号的每个周期将所述加法的一结果加载到所述计数器中; 以及

一处理器，使用从所述俘获寄存器获得的连续计数值计算一校准值，所述连续计数值通过所述计数器由所述计数器俘获信号的一单个周期被及时分开，所述校准值可被存储在所述微调寄存器中。

8、如权利要求 7 所述的系统，进一步包括:

一晶体，生成所述基础参考信号。

9、如权利要求 7 所述的系统，进一步包括:

一频率定标器（scaler）部件，响应所述校准参考信号并生成作出一输入提供给所述计数器的一频率标度的校准参考信号。

10、一种电子时钟，包括:

用于提供一校准参考信号的装置;

用于提供具有一实际频率和与之相关的一理想频率的一基础参考信号，所述电子时钟正是响应所述基础参考信号的装置;

用于在一理想的校准间隔设置所述校准参考信号的一理想的周期数，所述理想校准间隔正是基于在其理想频率时一所设置的所述基础参考信号的周期数的装置;

用于确定在一实际校准间隔中所述校准参考信号的一实际周期数，所述实际校准间隔正是基于在其实际频率一所设置的所述基础参考信号的周期数的装置;

用于确定所述校准参考信号的实际周期数与所述校准参考信号的理想周期数间的一差值的装置; 以及

用于基于所述校准参考信号的实际周期数和所述校准参考信号的理想周期数间的所述差值，调整所述电子时钟输出信号的一频率的装置。

11、如权利要求 10 所述的电子时钟，其中用于确定所述校准参考信号的实际周期数的装置包括:

用于提供一计数器的装置，所述计数器响应所述校准参考信号;

用于在所述实际校准间隔开始处读取所述计数器以获得一第一计数的装置;

用于在所述实际校准间隔结尾处读取所述计数器以获得一第二计数的装置; 以及

用于从所述第二计数减去所述第一计数的装置。

12、如权利要求 11 所述的电子时钟，其中所述计数器执行一计数序列的 N 个最低有效位以便 N 是其中所述第二计数和第一计数间的一差值是常数的一数字。

13、如权利要求 11 所述的电子时钟，其中用于从所述第二计数减去所述第一计数的装置包括:

用于用使符号扩展的借位从所述第二计数减去所述第一计数的装置。

14、如权利要求 10 的电子时钟，其中所述电子时钟包括一计数器以及其中用于调整所述电子时钟输出信号的频率的装置包括:

用于将所述校准参考信号的实际周期数和所述校准参考信号的理

想周期数间的所述差值乘以一比例因子来生成一校准值的装置；

用于在与所述电子时钟有关的一微调寄存器中存储所述校准值的装置；以及

用于每个所述电子时钟输出信号周期，将存储在所述微调寄存器中的校准值和一理想偏移的一两部分之和加载到所述电子时钟计数器中一次的装置。

15、如权利要求 14 的电子时钟，进一步包括：

用于记录一周围温度、并同时将所述校准参考信号的实际周期数与所述校准参考信号的理想周期数间的所述差值乘以所述比例因子以产生所述校准值的装置；

用于在将所述校准参考信号的实际周期数与所述校准参考信号的理想周期数间的所述差值乘以所述比例因子以产生所述校准值的步骤后测量一周围温度的装置；以及

用于基于所测量的周围温度和所记录的周围温度间的一差值调整存储在所述微调寄存器中的所述校准值的装置。

使用一基础参考信号和具有比该基础参考信号更准确的一不连续校准参考信号，用于校准一电子时钟的方法、系统、无线终端以及计算机程序产品

发明背景

本发明通常涉及电子计时领域，更准确地说，涉及电子时钟的校准以便校正不准确或偏差。

电池驱动的用户电子设备通常使用晶体振荡器。一常规的晶体振荡器的准确性根据来自环境因素和／或该晶体的内在的限制的误差影响被表征化。例如，一 Micro Crystal MC-306 32kHz 晶体的准确性可表征化如下：

误差影响	最大值	单位
频率容限	±20-50	ppm(百分率)
温度系数	-0.04	ppm/C^2
由于老化的偏差	±3	ppm/年
机械冲击的偏差	±5	ppm

由于应用到该晶体的电压的变化，也可能引入 1-5ppm 左右的小偏差。因此，由于 1ppm 约等于每年 30 秒，作为一短期时间基准，一晶体振荡器可能相对地准确，但如果用作长期计时，则可能显示出一显著的累积误差。

几种设计方法可被用来校准晶体频率中的偏差。提高一晶体振荡器的准确性的一个相对简单的设计方法是在该振荡电路（如晶体、微调电容器（trim capacitor）、以及电压电源）中使用较高质量的元件。同时这种设计可具有简单的优点，它通常仅导致递增的误差改进。更高级的电路拓扑学可提供更高的准确性，但同时也增加了计时系统的复杂度和成本。

可使用该晶体振荡器提供一基础参考信号的一第二种设计方法。这种基础参考信号可被用作用于一数字计数器的的一输入信号。该数字计数器的溢出可被用作用于计时的一时钟信号。与该时钟信号的周期一致的溢出间的周期可通过在该计数器溢出后提供用于该数字计数器的一初值的一自动的重新加载（自动重新加载）寄存器来控制。该自动重装计数器通常可由该系统软件和／或一硬件状态机存取。例如，如果该数字计数器是一增序计数器，那么增加在该自动重新加载寄存器中的该值降低了该时钟信号周期。相反，减小在该自动重新加载寄存器中的该值增加了该时钟信号周期。Ricoh 公司的 I^2C 总线串行接口实时时钟（RS5C372A）应用手册提供了一个典型的上述设计方法的实现方式，其中一“时间微调寄存器（trim register）”被用来调整由一 32kHz 晶体振荡器驱动的一数字计数器的溢出周期。

因此，通过将一适当值写入到一自动重新加载寄存器或一时间微调寄存器，可补偿在一晶体振荡器中的不准确性。不幸地是，将写入该自动加载寄存器或时间微调寄存器中的该值通常留给该用户来确定。因此，需要改进的计时系统和相关的校准方法。

本发明的概述

电子时钟校准系统、方法和计算机程序产品可使用一校准参考信号来校准一电子时钟，该电子时钟产生一输出信号，并且该输出信号是响应一基础参考信号。该基础参考信号没有该校准参考信号准确，因此具有一实际的频率以及与之相关的一理想频率。该实际频率和该理想频率之差表示该基础参考信号的不准确度。该校准参考信号可被用来确定该基础参考信号的实际频率和理想频率间的差值。只要确定该差值，该电子时钟输出信号的频率可被调整来补偿该基础参考信号的不准确度。

该基础参考信号通常是由在用户电子设备中的一晶体振荡器产生的，可基于寿命、温度、冲击以及其他环境因素被频率偏差。晶体振荡电路的优点在于它们使用相对小的功率从而有助于保持电池寿命。有利地，一晶体振荡电路的准确性可通过使用不必连续有效的一更准确的校准参考信号被提高。

本发明可嵌入在一无线终端中。尤其，一高准确性的基站时钟信

号可被用来校准在该无线终端中的一电子时钟。在该无线终端中的一晶体振荡电路可被用来提供驱动该电子时钟的该基础参考信号。

根据本发明的一个方面，该基础参考信号的实际频率和该基础参考信号的理想频率间的差值可通过定义一理想的校准间隔来确定，该理想的校准间隔是基于该基础参考信号的理想频率。因此基于该校准参考信号的频率和该理想校准间隔的长度，可确定该校准参考信号的理想的周期数。使用基于该基础参考信号的实际频率的一实际校准间隔，也可确定该校准参考信号的实际周期数。然后该校准参考信号的实际周期数和该校准参考信号的理想周期数间的差值可被用来调整该电子时钟输出信号的频率。

根据本发明的另一方面，在该实际校准间隔中的校准参考信号的实际周期数可通过提供响应该校准参考信号的一计数器，然后在该实际校准间隔的开始和结尾处读取该计数器值来确定。这两个计数器值间的差值与在该实际校准间隔中的该校准参考信号的实际周期数一致。

根据本发明的另一方面，该校准参考信号的实际周期数和该校准参考信号的理想周期数间的差值乘以一比例因子生成一校准值，该校准值被存储在与该电子时钟相关的一微调寄存器中。该电子时钟可包括一计数器，该计数器在每个电子时钟输出信号周期（即当该计数器重算时），被加载一次在该微调寄存器中的该校准值以补偿该基础参考信号的不准确性。

根据本发明的另一方面，可同时记录该周围的温度以及该电子时钟输出信号的频率调整。这允许后来将被测量的该周围温度以确定如果由于该电子时钟已经被校准，在温度方面的一变化已经发生。如果一温度变化已经发生，那么该电子时钟输出信号的频率可基于该当前测量的周围温度和在前记录的周围温度间的差值被调整。

有利地，根据本发明，电子时钟校准系统、方法以及计算机程序产品可使用在商业上可获得的微控制器系统中提供的常规的硬件和/或软件成分来实现。因此，在此所讨论的电子校准原理可使用在包括一电子时钟的任何电子设备中，该电子时钟是从一相对不准确的基础参考信号得来的，但具有对用于一个或多个时间间隔的一更准确的校准参考信号的存取，在该一个或多个时间间隔期间，可校准该电子时

钟。这类设备的例子包括蜂窝电话、手持计算器或个人数字助理（PDAs）、膝上型计算机以及电子游戏机。

附图的简单说明

本发明的其他特征将从下述结合附图的特定实施例的详细说明变得更容易理解，其中：

图 1 是根据本发明的实施例，说明方法、系统、无线终端以及计算机程序产品的框图；

图 2 是更详细地说明如图 1 所示的一微控制器的一实施例的框图；

图 3 是更详细地说明如图 1 所示的一主机系统的一个实施例的框图；

图 4 是说明在图 1 的电子时钟校准系统的实施例中生成的信号的波形图；

图 5A-5B 是根据本发明的实施例，说明图 1 的方法、系统、无线终端和计算机程序产品的示范性操作的流程图。

优选实施例的详细说明

虽然本发明可做出各种改进和另外的形式，其特定的实施例通过在附图中的例子的方式被示出，并且在此将更详细地描述。然而，应当理解并不打算将本发明限定到所公开的特定的形式，但正好相反，本发明覆盖落在由该权利要求定义的精神和范围内的所有的改进、等效以及方案。相同的参考数字表示全部附图说明的相同的元件。

本发明可被具体化为一种方法、系统、无线终端和／或计算机程序产品。因此，本发明可采用一完全地硬件实施例、一完全软件（包括固件、驻留的软件、微码等等）实施例或包含软件和硬件方面的一实施例的方式。另外，本发明可采用在具有包含在该介质中的计算机可用或计算机可读程序代码的一计算机可用或计算机可读的存储介质上的一计算机程序产品的方式，该介质可由或结合一指令执行系统使用。在该文献的上下文中，一计算机可用或计算机可读介质可是包括、存储、通信、传播或传送该程序的任何介质，该程序可由和结合该指令执行系统、装置或设备使用。

该计算机可用或计算机可读介质可以是，但不局限于一电、磁、

光、电磁、红外或半导体系统、装置、设备或传播介质。该计算机可读介质的更具体的例子（一非穷举列表）可包括以下：具有一个或多个导线的一电连接、一便携式计算机软磁盘、一随机存取存储器(RAM)、一只读存储器（ROM）、一可擦可编程只读存储器（EPROM 或闪存）、一光纤以及一便携式光盘驱动器（CD-ROM）。注意计算机可用或可读介质或甚至是在其上印刷该程序的纸张或另外的适当的介质，同时该程序可经如纸张或其他介质的光扫描被电子地俘获，然后连编、解释或用一适当的方式处理，如果必要的话，然后存储在一计算机存储器中。

为了说明以及决不是对其限定，此后将结合一蜂窝电话系统来说明方法、系统、无线终端以及计算机程序产品。然而，应当理解本发明的原理适用于包括由一相对不准确的基础参考信号导出的一电子时钟或计时系统，但在可校准该电子时钟或计时系统期间使用一更准确的校准参考信号一个或多个时间间隔的任何电子设备。参考图 1，根据本发明，一计时系统 20 包括一二进制增序计数器 22，在溢出时由 32.768kHz 晶体振荡器产生的一基础参考信号驱动的自动重新加载。该二进制增序计数器 22 包括具有位 20 充当一 60 秒电子时钟信号的一 21 位计数器。该二进制增序计数器 22 可在开始和当该二进制增序计数器 22 重算（roll over）时通过一重新加载寄存器／加法器 24 被载入一初始值。该重新加载寄存器（reload register）／加法器 24 可经软件、硬件或二者的结合来实现。根据本发明的一优选实施例，重新加载寄存器／加法器 24 包括一微调寄存器 26，用于设置 1 至 8 的比特值，通过两个部分相加被加一额定的 2000（十六进制）自动重新加载值。因此，该二进制增序计数器 22 可被视为响应由该 32.768kHz 晶体振荡器提供的一基础参考信号的一电子时钟。鬼下面将更详细描述，该重新加载寄存器／加法器 24 可被用来校准由该二进制增序计数器 22 或电子时钟产生的 60 秒电子时钟信号。

计时系统 20 进一步包括一微控制器，可经一地址／数据总线 32 存取该微调寄存器 26。该微控制器 28 在溢出时经该地址／数据总线 32 存取一通用 16 位定时计数器以及一 16 位俘获寄存器（capture register）36。该 16 位俘获寄存器 36 也可被配置以便基于与该二进制增序计数器 22 的位 11 的一 125mS 时钟脉冲的一从低到高跃迁来“俘

获”包含在该 16 位定时计数器中的值。该微控制器 28 可通过使用商业上可得到的具有一内置 16 位通用定时器和俘获寄存器的微控制器来实现。Intel8XC51FA/FB/FC 微控制器，包括具有一俘获模式和 Texas Instruments MSP430 微控制器的一通用 16 位定时器，包括一通用 16 位定时器以及一相关俘获／比较寄存器均是可用来实现该微控制器 28、16 位定时计数器 34 以及 16 位俘获寄存器 36 的示范性的微控制器系统。

16 位定时计数器 34 响应可由一频率定标器（scaler）38 处理的一校准参考信号（MCLK）。在一蜂窝电话中，该校准参考信号是由主蜂窝系统参考信号提供。一蜂窝式基站 39 可传送由一电压产生器 40 处理的一信号以生成一电压。该电压可被用来控制一压控振荡器（VCO）41，该压控振荡器可生成该主蜂窝系统参考信号。该主蜂窝系统参考信号在该电话发射信号的同时可经与该蜂窝基站的反馈控制显示低于 1ppm 的准确性。尽管该校准参考信号比 32.768kHz 晶体更准确，却不是总是有效，因为该蜂窝电话大多数时间是断电以保护电池寿命。因为它的低电源消耗，晶体振荡器最好用于生成该基础参考信号，尽管其准确性较低。在 Ericsson 时分多路存取（TDMA）或电信工业协会（TIA）／电子工业协会 136 电话，该主蜂窝系统参考信号是 19.44MHz。同样，在 Ericsson 码分多路存取（CDMA）或 TIA 过渡标准（IS）95 电话，该主蜂窝系统参考信号是 19.2MHz。在本发明的一优选实施例中，该频率定标器 38 将该校准参考信号的频率除以四。所应用的定标水平是基于该基准参考信号的频率、定时计数器 34 的大小（即位数）以及用来驱动该 16 位俘获寄存器 36 的时钟周期。应当理解这些参数（即，校准参考信号的频率、定时计数器 34 的大小以及用来驱动该 16 位俘获寄存器 36 的时钟周期）可基于用于由该二进制增序计数器 22 生成的 60 秒时钟信号需要的准确度而改变。

该微控制器 28 响应由该二进制增序计数器 22 生成的 60 秒时钟信号以及来自该 16 位定时计数器 34 的表示一定时值的一定时俘获中断信号可在该 16 位俘获寄存器 36 中获得。该微控制器 28 向负责维护人机时钟接口的硬件／软件（未示出）提供 60 秒时钟信号。基于所接收的一第一定时俘获中断信号，该微控制器 28 处理包含在该 16 位俘获寄存器 36 中的数据。在接收到一第二定时俘获中断信号后，该微控制

器 28 处理包含在该 16 位俘获得寄存器 36 中的数据并生成用于一主机系统 42 的一中断。该主机系统 42 使用由该微控制器 28 提供的数据生成用于该微调寄存器 26 的一校准值。尽管该微控制器 28 和主机系统 42 在图 1 中显示为单独的单元，这两个单元可使用一单个的处理器和存储器结构来实现。涉及处理来自该 16 位俘获寄存器 36 和生成该校准值的操作将在下面详细描述。

图 2 更详细地说明微控制器 28。该微控制器 28 包括经该地址／数据总线 32 与一存储器 54 通信的一处理器 52。该处理器 52 可是任何适用于一嵌入应用系统的商业可获得的或用户微控制器。该存储器 54 表示包含用来实现该计时系统 20 的功能性的软件和数据的存储器设备的整个分层结构。该存储器 54 可包括但不局限于以下类型的设备：高速缓冲存储器、ROM、PROM、EPROM、EEPROM、闪存、SRAM 以及 DRAM。

如图 2 所示，该存储器 54 保存一操作系统模块 56、一实时时钟（RTC）校准模块 58 以及一中断服务例程模块 62。该操作系统 56 应当被设计成用于实时嵌入应用系统以及最好是相对地紧密以便有效使用该存储器 54。RTC 校准模块 58 包含用于管理该计时系统 20 的硬件部分如重新加载寄存器／加法器 24、微调寄存器 26、16 位微调寄存器 34 以及 16 位俘获寄存器 36 的程序代码。

中断服务例程模块 62 包括用于响应由该微控制器 28 接收的硬件和／或软件中断的程序。尤其，该中断服务例程模块 62 包括一六十秒时钟程序模块 64 以及一定时俘获程序模块 66。该六十秒时钟程序模块 64 处理由该 60 秒时钟信号生成的从该二进制增序计数器 22 输出的中断。该定时俘获程序模块 66 处理由该定时俘获信号产生的与该 125mS 时钟的从低到高的跃迁以及表示已经俘获该 16 位定时器 34 的值并在该 16 位俘获寄存器 36 中可得到一致的中断。

图 3 更详细地说明主机系统 42。主机系统 42 包括经一地址／数据总线 75 与一存储器 74 通信的一处理器 72。该处理器 72 可是任何适用于一嵌入应用系统的商业可获得的或用户微控制器。该存储器 74 表示包含用来确定用于该微调寄存器 26 的一校准值的软件和数据以提高该二进制增序计数器 22 的准确性。该存储器 74 可包括但不局限于以下类型的设备：高速缓冲存储器、ROM、PROM、EPROM、EEPROM、闪

存、SRAM 以及 DRAM。

如图 3 所示，存储器 74 可保存一操作系统模块 76、一 RTC 管理器模块 78 以及一中断服务例程模块 82。该操作系统 76 应当被设计成用于实时嵌入应用系统以及最好是相对地紧密以便有效使用该存储器 74。该 RTC 管理器模块 78 包括用于确定用于该微调寄存器 26 的一校准值的程序。尤其，该 RTC 管理器模块 78 包括一 RTC 微调程序模块 84 以及可选的一温度补偿程序模块 86。该 RTC 微调程序模块 84 确定基于由该晶体振荡器显示出的来自一 32.768kHz 的理想频率的频率偏差的适当的校准值。该温度补偿程序模块 86 可被用来当一新的校准值由该 RTC 微调程序模块 84 生成时记录该周围温度，然后定期地通过一温度传感器（未示出）来测量该周围温度。然后可基于该当前温度和与一在前校准值相关的温度间的差值来调整在该微调寄存器 26 中的校准值。

该中断服务例程模块 82 包括用于响应由该主机系统 42 接收的硬件和／或软件中断的程序。尤其，该中断服务例程模块 62 包括处理由该微控制器 28 在由该 RTC 微调程序模块 84 使用来确定用于该微调寄存器 26 的校准值可得到时生成的一中断的一读取校准数程序模块 88。

用于执行中断服务例程程序模块 62 和 68 的操作的计算机程序代码通常用汇编或机器语言或微码编写以提高速度。在该微控制器 28 上的该 RTC 校准程序模块 58 以及在该主机系统 42 上的该 RTC 管理器程序模块 78 可用一高级编程语言如 C 或 C++来编写。应当理解，在本发明的一优选实施例中，当用于执行该计时系统 20 的操作的程序代码在该微控制器 28 和该主机系统 42 间分配时，也可将该程序代码设计成完全在该微控制器 28 或完全在该主机系统 42 上执行。

在论述该计时系统 20 的示范性操作前，定义以下参数是很有用的，这些参数被用在确定用于该微调寄存器 26 的一校准值方面：

$T_{MCLK/4}$	在该频率定标器 38 将该信号除以 4 后的校准参考信号（MCLK）的周期
T_{REF}	.125 秒的理想校准间隔周期（理想的 32.768kHz 基础参考信号的 4096 个周期）
N	在理想校准间隔周期（T_{REF}）中的 MCLK/4 数（$N*T_{MCLK/4}=T_{REF}$=.125 秒）
T125M	由该二进制增序计数器 22 生成的相邻 125mS 时钟的从低到高跃迁间的周期一致的实际校准间隔周期（$T125M=4096*T_{32}kHz$）
COUNT	在实际校准间隔周期（T125M）中的 MCLK/4 周期数（$COUNT*T_{MCLK/4}=T125M$）
T60	由该二进制增序计数器 22 的位 20 生成的相邻 60 秒时钟的从高到低跃迁的周期
T_{32kHz}	32.768kHz 晶体振荡器的实际周期

现在参考图 4，理想校准间隔 T_{REF} 具有一 125mS 的周期，其是基于由该二进制增序计数器 22 的位 11 产生的 125mS 时钟脉冲的频率（该二进制增序计数器 22 的每位将该晶体振荡频率分成两半；因此，位 11 具有由 $32768Hz/2^{12}$ 给出的一频率=8Hz）。然而，如果由晶体振荡器产生的基础参考信号的频率偏离其理想值 32.768kHz，那么该实际校准间隔周期 T125M 也将偏离该理想校准间隔 T_{REF}。

如图 4 所示，例如，如果晶体振荡器运行快，那么 $T125M<T_{REF}$（125mS）以及在该实际校准间隔周期 T125M 中的成比例的校准参考信号（MCLK／4）的数量低于在理想校准间隔 T_{REF}（125mS）中的成比例的校准参考信号（MCLK/4）的数量。即，COUNT<N。在这种情况下，60 秒时钟脉冲要求该基础参考信号（即晶体振荡信号）的 N-COUNT 另外的周期来将其周期（T60）扩充到 60 秒。因此，用于该微调寄存器 26 的校准值是负的，因此，周期被添加到该二进制增序计数器 22 的重算值。

另一方面，如果晶体振荡器运行很慢，那么 T125M>T_{REF}（125mS）以及在实际校准间隔周期 T125M 中的成比例校准参考信号的周期（MCLK/4）大于在该理想校准间隔 T_{REF}（125mS）中的成比例校准参考信号（MCLK/4）的数量。即，COUNT>N。在这种情况下，60 秒时钟脉冲要求该基础参考信号（即晶体振荡器信号）的 COUNT-N 较低周期以将其周期（T60）降低到 60 秒。因此，用于该微调寄存器 26 的校准值是正的以便将周期减去该二进制增序计数器 22 的重算值。

下面将根据本发明的示范性实施例，参考通信设备、方法和计算机程序产品的流程图和／或框图说明来描述本发明。应当理解，流程图和／或框图说明的每个框以及在流程图和／或框图说明中的框的组合可用计算机程序指令来实现。可将这些计算机程序指令提供给一通用计算机、一专用计算机或其他可编程数据处理装置的一处理器来产生一机器以便经该计算机或其他可编程数据处理装置的处理器执行的指令产生用于实现在流程图和／或是框图块或多个块中指定的功能的装置。

这些计算机程序指令也可存储在可引导一计算机或其他可编程数据处理装置用一特定方式起作用的一计算机可用或计算机可读存储器中，以便存储在计算机可用或计算机可读存储器中的指令产生包括实现在流程图和／或框图块或多个块中指定的功能的一种制造产品。

计算机程序指令也可被加载到一计算机或其他可编程数据处理装置上来引起将在该计算机或其他可编程装置上执行的一系列操作步骤以产生一计算机执行的过程以便在该计算机或其他可编程装置上执行的指令提供用于实现在流程图和／或框图块或多个块中指定的功能的步骤。

参考流程图 5A，计时系统 20 的示范性操作开始于块 102，在此处，运行在主机系统 42 上的该 RTC 管理器程序模块 78 初始化用于该二进制增序计数器 22 的一校准过程。在本发明的一优选实施例中，一“START_RTC_CALIBRATION”被定义并经一串行接口从该主机系统 42 传递到该微控制器 28 以初始化该校准过程。只要接收该 START_RTC_CALIBRATION 消息，运行在该微控制器 28 上的 RTC 校准程序模块 58 在块 104 设置一校准状态标志以向该主机系统 42 表示二进制增序计数器 22 的校准正在进行中以及在该微调寄存器 26 中的校准

值不再有效。在块 106，该 RTC 校准程序模块 58 也使用该 125mS 时钟脉冲作为一触发器在俘获模式中配置该 16 位定时计数器 34 以及 16 位俘获寄存器 36。最后，在块 108，RTC 校准程序模块 58 使得在该微控制器 28 上的定时俘获中断。

接着，在块 112，在第一个从低到高（low to high）跃迁的 125mS 时钟脉冲上由该微控制器 28 接收一第一定时俘获中断。在块 114，该定时俘获中断服务例程 66 通过在一存储位置（如在一寄存器或存储器 54 中）中将该 16 位俘获寄存器 36 的内容保存为 CAPTURE1 来处理该中断。当该 125mS 时钟脉冲从低到高跃迁时，重叫该 16 位俘获寄存器 36“俘获”该 16 位定时计数器 34 的值。在实际校准间隔周期 T125M 过去后，将在块 116 接收一第二定时俘获中断。在块 118，定时俘获中断服务例程 66 通过从该 16 位俘获寄存器 36 的内容减去在块 114 中保存的 CAPTURE1（CAPTURE2）来处理该中断以计算参数 COUNT（即，在一实际校准间隔周期（T125M）中的成比例的校准参考信号（MCLK/4）的数量）。

注意在本发明的一优选实施例中，该 16 位定时计数器可表示一任意大的计数序列的 16 个最低有效位（LSBs）。因此，第一定时中断（CAPTURE1）的结果表示一较小的计数值 COUNT1 的 16LSBs。同样，该第二定时中断（CAPTURE2）的结果表示一较大的计数值 COUNT2 的 16LSBs。由于 COUNT2 和 COUNT1 被假定从一任意大的自由振荡计数器，COUNT2 大于 COUNT1。因此，通过借位从 CAPTURE2 减去 CAPTURE1，实际上，使符号扩展并允许 CAPTURE1 以及 CAPTURE2 被视为无符号值。

如前所述，COUNT1 和 COUNT2 被假定是基于一任意大的计数序列然而只有这两个值的 16LSBs 被用来计算他们的差值（COUNT）。以下的例子说明根据本发明为什么在计算参数 COUNT 和计算 COUNT 和 N 间的一差值方面可不需要较高命令位。如果校准参考信号频率是 19.44MHz 或 19.2MHz，正如分别在 TDMA 无线终端和 CDMA 无线终端中使用的那样，以及计时系统 20 是稳定的，那么 COUNT2 和 COUNT1 的高命令位（如一 32 位字的位 16 至 31）间的差值是一常数值，在本发明的一优选实施例中是 90000（hex）。在理想校准间隔周期中 MCLK/4 周期的数量在其用于校准参考信号频率 19.44MHz 或 19.22MHz 的高命令位中也用相同的常数值 90000(hex)表示。因此，因为最终感兴趣的是 COUNT 和

N 间的差值，因为它们具有相同的常数值并且它们的差值将为零，因此可忽略高命令位。因此，在基于一校准参考信号(MCLK)频率 19.44MHz 或 19.2MHz 的本发明的一优选实施例中，定时计数器 34 可使用 16 位来实现，因为当该系统稳定时，COUNT2 和 COUNT1 的高命令位差是常数。通常，用来实现定时计数器 34 的位数最好通过确定上述 COUNT2 和 COUNT1 的差值是常数的多个数来选择。

对图 5B 的下述的连接符 A，在块 122，操作继续，在块 122 定时俘获中断服务例程 66 禁用在该微控制器 28 上的定时俘获中断，在块 124 清除该校准状态标志，以及在块 126 在存在该第二定时俘获中断前生成用于该主机系统 42 的一中断。运行在主机系统 42 上的读取校准数中断服务例程 88 处理来自微控制器 28 的中断以及检验该校准标志的状态以确保该校准结果（即 COUNT 值）的确在由该主机系统 42 可访问的一预定存储器位置中等待。然后，在块 128 该读取校准数中断服务例程 88 从存储器读取 COUNT 值并将该值提供给 RTC 微调程序模块 84，确定用于该微调寄存器 26 的校准值。

通常，用于校正该晶体振荡器的补偿可表示如下：

$$compensation(ppm) = \frac{(T_{REF} - T125M) \times 10^6}{T_{REF}} \qquad \text{EQ. 1}$$

$$compensation(ppm) = \frac{(.125 - COUNT \times T_{MCLK/4}) \times 10^6}{.125} \qquad \text{EQ. 2}$$

$$compensation(ppm) = \frac{(N \times T_{MCLK/4} - COUNT \times T_{MCLK/4}) \times 10^6}{.125} \qquad \text{EQ. 3}$$

$$compensation(ppm) = \frac{(N - COUNT) \times T_{MCLK/4} \times 10^6}{.125} \qquad \text{EQ. 4}$$

该补偿也可用一 60 秒理想参考周期以及由该二进制增序计数器 22 的位 20 的 60 秒时钟脉冲的从低到高跃迁间的实际周期来表示：

$$compensation(ppm) = \frac{(60s - (60 \times 32678 \times T_{32kHz})) \times 10^6}{60s} \qquad \text{EQ. 5}$$

注意当基础参考信号准确的是 32.768kHz（即，2^{21} 周期／32678 周期／sec=64 秒）时，二进制增序计数器 22 的位 20 具有一理想周期 64 秒。因此，一额定四秒重新加载值（200000（hex））在启动时和当该二进制增序计数器 22 重算时由该重新加载寄存器／加法器 24 被加载到该二进制增序计数器 22。

一分钟可由用于该微调寄存器 26 的校准值（RTC_TRIM）表示如下：

$$60\ \text{sec} = (64\times 32768 - (4\times 32768 + RTC_TRIM))\times T_{32kHz} \qquad \text{EQ. 6}$$

$$60\text{sec} = (60\times 32768 - RTC_TRIM))\times T_{32kHz} \qquad \text{EQ. 7}$$

将等式 7 代入等式 5 得出：

$$compensation(ppm) = \frac{((60\times 32768 - RTC_TRIM)\times T_{32kHz} - 60\times 32678\times T_{32kHz})\times 10^6}{60s} \qquad \text{EQ. 8}$$

$$compensation(ppm) = \frac{-RTC_TRIM\times T_{32kHz}\times 10^6}{60s} \qquad \text{EQ. 9}$$

颠倒等式 9 中的因变量和自变量得出：

$$RTC_TRIM = \frac{-compensation\times 10^{-6}\times 60s}{T_{32kHz}} \qquad \text{EQ. 10}$$

将来自等式 4 的用于补偿的表达式代入等式 10 得出：

$$RTC_TRIM = \frac{-(N - COUNT)\times T_{MCLK/4}\times 60s}{.125s\times T_{32kHz}} \qquad \text{EQ. 11}$$

呼叫实际校准间隔周期 T125M 可表示如下：

$$T125M = COUNT \times T_{MCLK/4} \quad \text{EQ. 12}$$

$$T125M = 4096 \times T_{32kHz} \quad \text{EQ. 13}$$

实际周期 32.768kHz 晶体振荡器可因此表示如下:

$$T_{32kHz} = \frac{COUNT \times T_{MCLK/4}}{4096} \quad \text{EQ. 14}$$

将来自等式 14 的 T32kHz 的表达式代入等式 11 得出:

$$RTC_TRIM = \frac{(COUNT - N) \times 4096 \times 60s}{.125s \times COUNT} \quad \text{EQ. 15}$$

$$RTC_TRIM = \frac{1966080 \times (COUNT - N)}{COUNT} \quad \text{EQ. 16}$$

不损失准确性，可做出以下简化以便避免一更计算地密集的除运算:

$$RTC_TRIM = \frac{1966080 \times (COUNT - N)}{N} \quad \text{EQ. 17}$$

对校准参考信号是 19.44MHz 的 TDMA 蜂窝电话来说，$T_{MCLK/4}$ = 205.76ns 以及 N9450C(hex)。对校准参考信号为 19.2MHz 的 CDMA 蜂窝电话来说，$T_{MCLK/4}$ = 208.33ns 以及 927C0(hex)。使用为 N 所计算的上述值，对用于微调寄存器 26 的校准值（RTC_TRIM）的表达式可进一步简化如下:

$$RTC_TRIM = 3.24 \times (COUNT - N) for\ f_{MCLK} = 19.44MHz \quad \text{EQ. 18}$$

$$RTC_TRIM = 3.28 \times (COUNT - N) for\ f_{MCLK} = 19.2MHz \quad \text{EQ. 19}$$

等式18和19使用在主机系统42上的定点乘法为该微调寄存器26提供相对准确的校准值（RTC_TRIM）。可是，如果需要更大的准确性，那么可延长理想的校准间隔周期 T_{REF}，可增加定时计数器 34／俘获寄存器 36 大小以及可增加校准参考信号（MCLK）频率。

回到图 5B，基于校准参考信号（MCLK）的频率，RTC 微调程序模块 84 使用等式 18 或等式 19 来计算用于该微调寄存器 26 的校准值（RTC_TRIM）。注意校准值（RTC_TRIM）是从-128（ox80）到 127（ox7f）范围内的一八位带符号值。在本发明的一优选实施例中，该二进制增序计数器 22 的位 0 被重新加载一零。因此，在块 132，在将其写入微调寄存器 26 前，该校准值（RTC_TRIM）被分成两部分（即，右移一位）。如由重新加载寄存器／加法器 24 所描述的，如果该晶体振荡器运行慢（COUNT>N），那么该校准值将被添加到额定的四秒重新加载值（200000（hex））以减小每 60 秒该晶体振荡器重算该二进制增序计数器 22 所需要的周期数。相反，如果该晶体振荡器运行很快（COUNT<N），那么该额定四秒重新加载值减去该校准值以增加每 60 秒该晶体振荡器所需要的溢出该二进制增序计数器 22 的周期数。

在块 134，温度补偿程序模块 86 可使用一温度传感器（未示出）任意地测量该周围温度，然后记录该温度测量。该周围温度的测量和记录最好与用来生成该校准值的操作同时执行。因此，该温度测量与该当前校准值（RTC_TRIM）有关。接着，在块 136，该温度补偿程序模块 86 可定期地测量该周围温度以确定该当前温度是与偏离与该校准值（RTC_TRIM）有关的所记录的温度。因为该晶体振荡器的频率随温度变化，可基于该晶体的特性构造关联温度差值（即当确定该校准值（RTC_TRIM）时该当前周围温度与所记录的周围温度间的差值）与一预定补偿值的一表。然后基于该当前周围温度，该频率补偿值可被用来调整在该微调寄存器 26 中的校准值（RTC_TRIM）。

另外，可期望将该温度补偿功能性移入该微控制器 28 中。在这种情况下，在块 126，与该当前校准值（RTC_TRIM）有关的周围温度在定时俘获中断服务例程 66 存在前可被测量和记录。该六十秒定时中断服务例程 64 可被修改来每秒测量该周围温度一次，然后从在上述描述过的查看表中选择一频率补偿值。注意通过释放该主机系统 42 的温度补偿功能性，该主机系统 42 除在上电时初始化该校准值外在计时中不

起任何作用以及在重复的基础上只要发出一呼叫就能补偿可由老化、机械冲击或其他环境因素引起的晶体频率中的变化。

在此所描述是当它们被应用到用在一无线终端或便携式电话中的一计时系统 20 的本发明的原理。从上述可知，通过使用不需要连续有效的一更准确的校准参考信号，该计时系统 20 可提供一相对便宜、低功率晶体振荡电路的准确性。因此，该计时系统 20 可使用在商业上可获得的微控制器系统中提供的常规的硬件元件（如具有在溢出时自动重新加载的 16 位定时计数器和 16 位捕获寄存器 36）来实现。该计时系统 20 最好嵌入在一无线终端中。如在此所使用的，术语无线终端可包括具有一多线显示器的一蜂窝电话、可将一蜂窝电话与数据处理、传真和数据通信性能结合在一起的一个人通信系统（PCS）终端、能包括一无线电话、传呼机、INTERNET／内联网存取、WEB 浏览器、管理器、日历和／可一全球定位系统（GPS）接收器以及包括无线电话收发两用的常规的膝上型和／或掌上型接收器的一 PDA。一蜂窝基站或卫星最好提供一高准确信号，其可被处理来生成该校准参考信号。

图 5A-5B 的流程图表示该计时系统 20 软件的一示范性的实现方式的结构、功能以及操作。在这方面，每个块表示一模块、部分或代码部分，包括一个或多个或执行指令，用于实现特定的逻辑功能。应当注意在一些另外的实施方式中，在这些块中提供的功能可不按图 5A-5B 中的顺序发生。例如，如图 5A-5B 中连续所示的两个块根据所涉及的功能性，可实际上同时执行或这些块有时按相反的顺序执行。

在结束详细的说明中，应当注意可对优选实施例做出许多变化和修改而实质上不脱离本发胆的原理。所有这些变化和修改被规定包括在由下述权利要求书陈述的本发明的范围内。

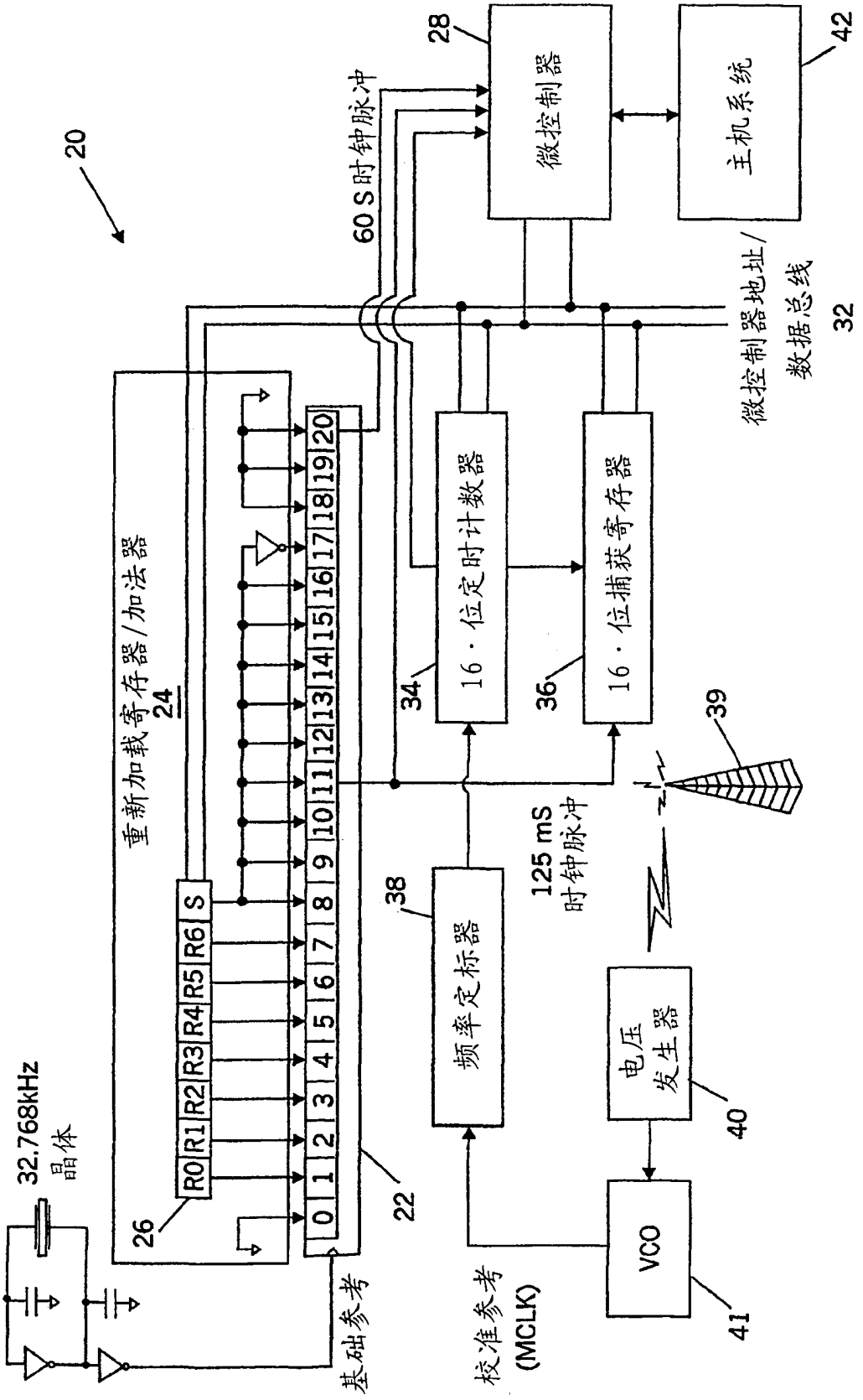

20
32.768kHz
晶体
重新加载寄存器/加法器
24
R0 R1 R2 R3 R4 R5 R6 S
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
26
22
基础参考
60 S时钟脉冲
28
微控制器
主机系统
42
微控制器地址/
数据总线
32
16·位定时计数器
34
16·位捕获寄存器
36
39
125 mS
时钟脉冲
38
频率定标器
电压
发生器
40
VCO
41
校准参考
(MCLK)

图 1

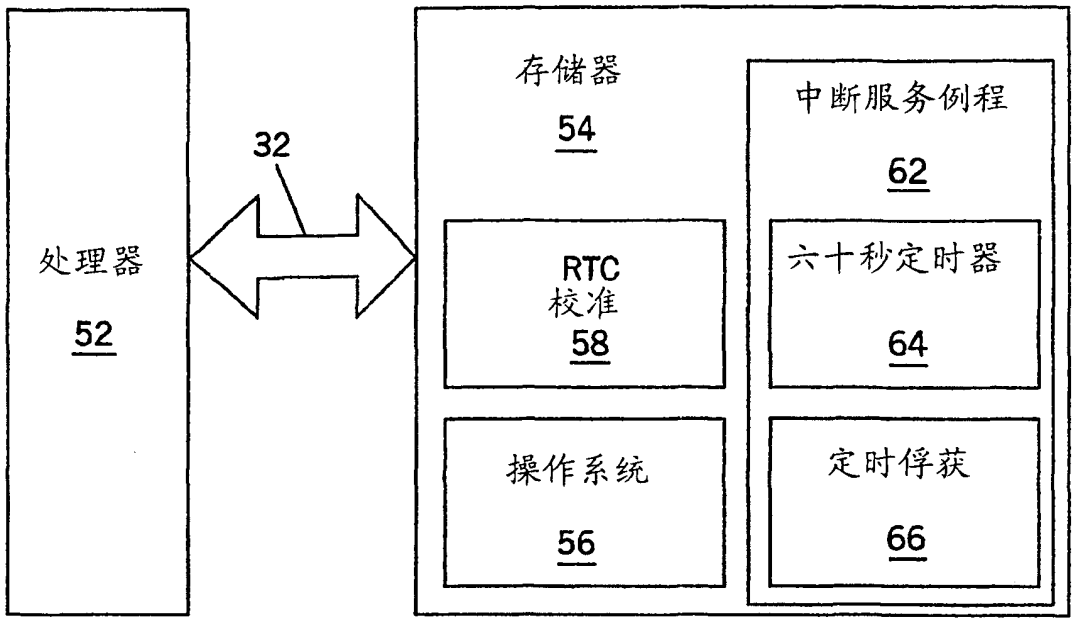

处理器
52
32
存储器
54
RTC
校准
58
操作系统
56
中断服务例程
62
六十秒定时器
64
定时俘获
66

图 2

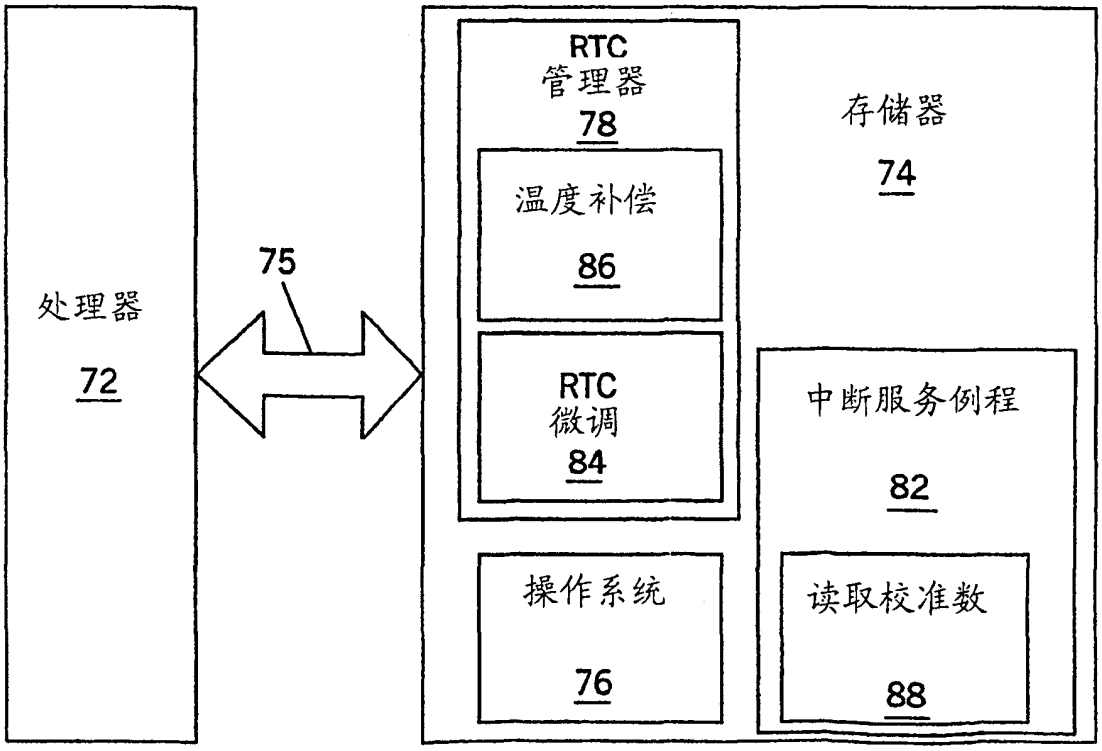

处理器
72
75
RTC
管理器
78
温度补偿
86
RTC
微调
84
操作系统
76
存储器
74
中断服务例程
82
读取校准数
88

图 3

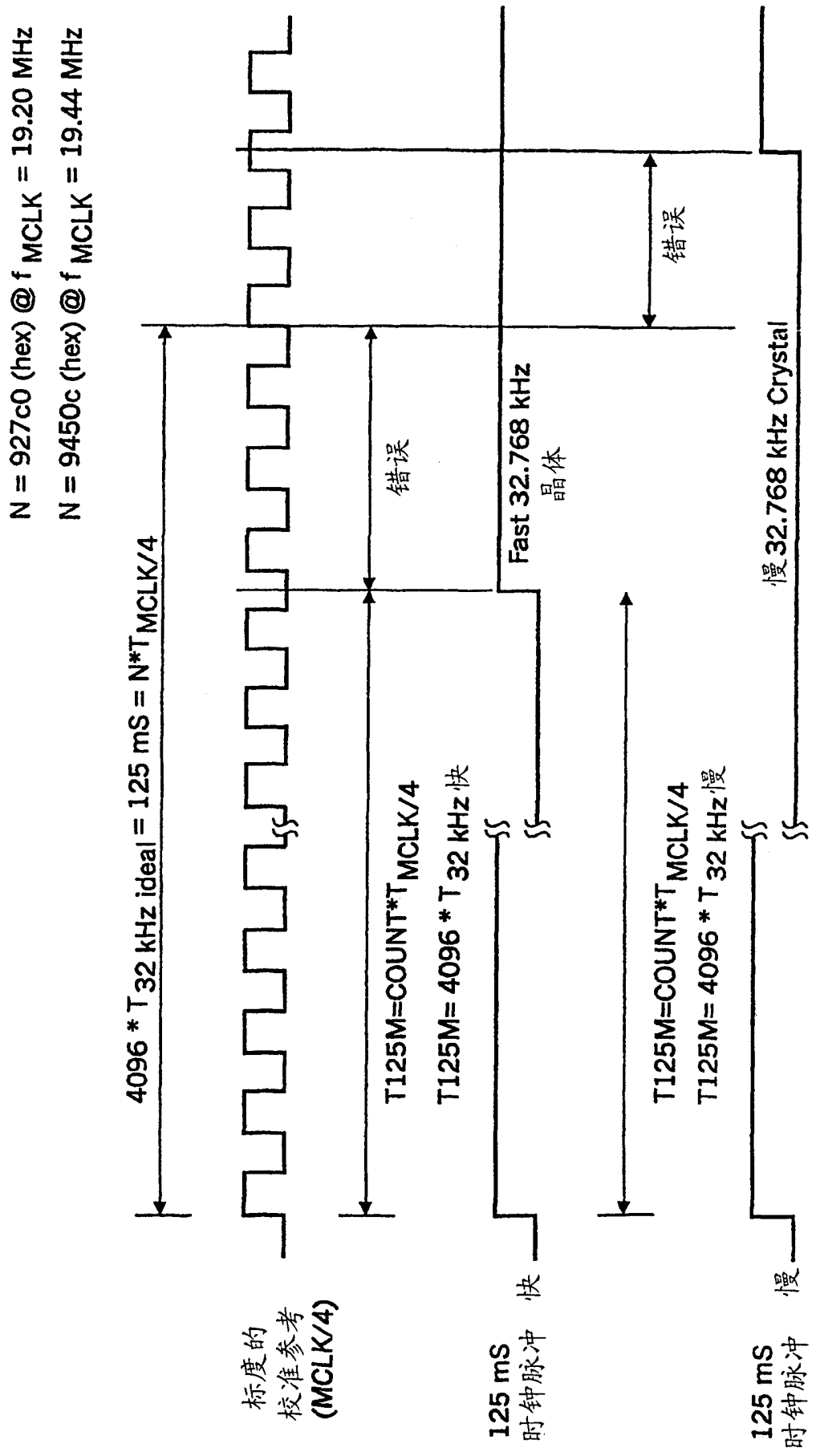

N = 927c0 (hex) @ f MCLK = 19.20 MHz
N = 9450c (hex) @ f MCLK = 19.44 MHz
4096 * T 32 kHz ideal = 125 mS = N*T MCLK/4
标度的
校准参考
(MCLK/4)
T125M=COUNT*T MCLK/4
T125M= 4096 * T 32 kHz 快
125 mS
时钟脉冲
快
错误
Fast 32.768 kHz
晶体
T125M=COUNT*T MCLK/4
T125M= 4096 * T 32 kHz 慢
125 mS
时钟脉冲
慢
错误
慢32.768 kHz Crystal

图 4

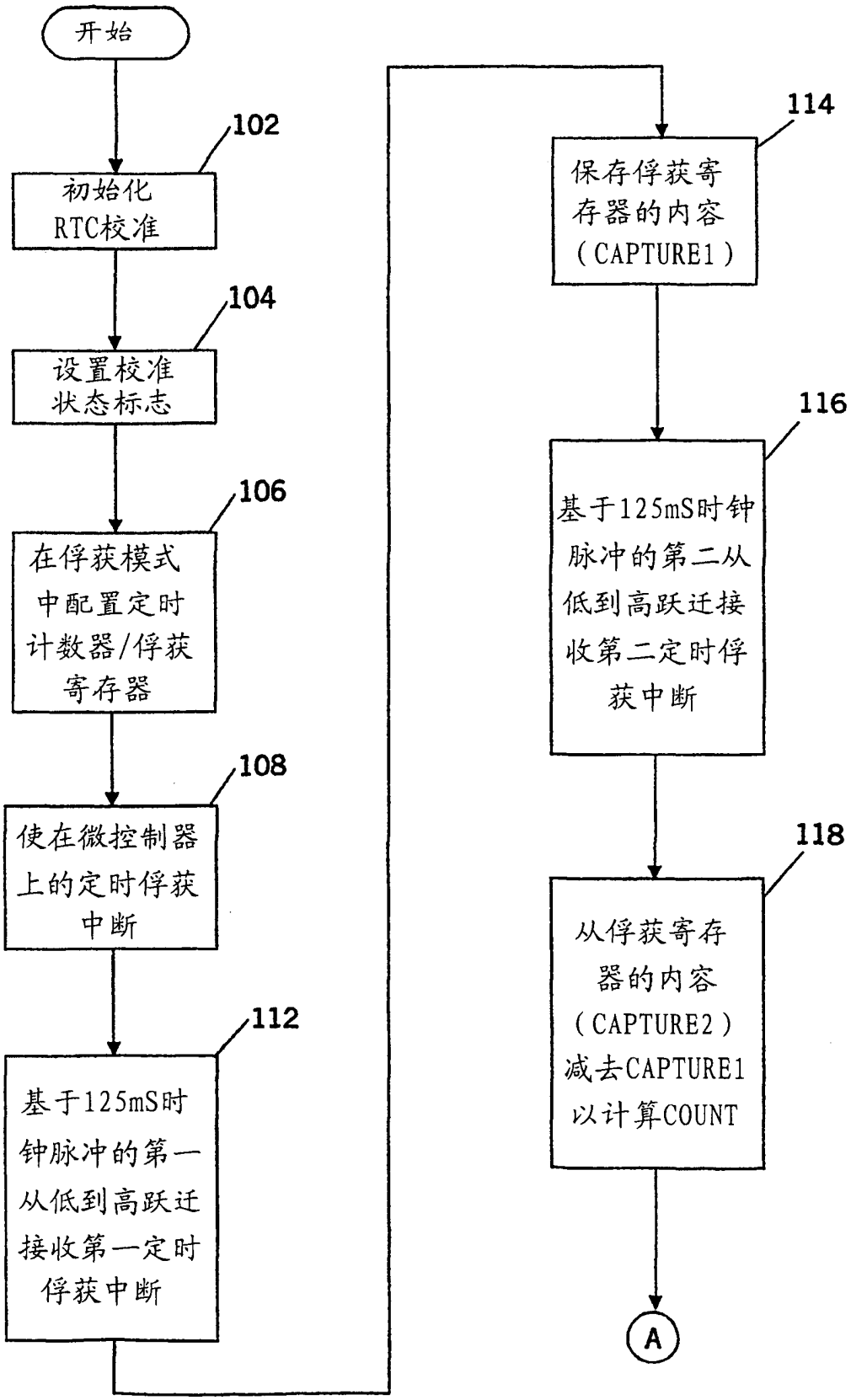

开始
102
初始化
RTC校准
104
设置校准
状态标志
106
在俘获模式
中配置定时
计数器/俘获
寄存器
108
使在微控制器
上的定时俘获
中断
112
基于125mS时
钟脉冲的第一
从低到高跃迁
接收第一定时
俘获中断
114
保存俘获寄
存器的内容
(CAPTURE1)
116
基于125mS时钟
脉冲的第二从
低到高跃迁接
收第二定时俘
获中断
118
从俘获寄存
器的内容
(CAPTURE2)
减去CAPTURE1
以计算COUNT
A

图 5A

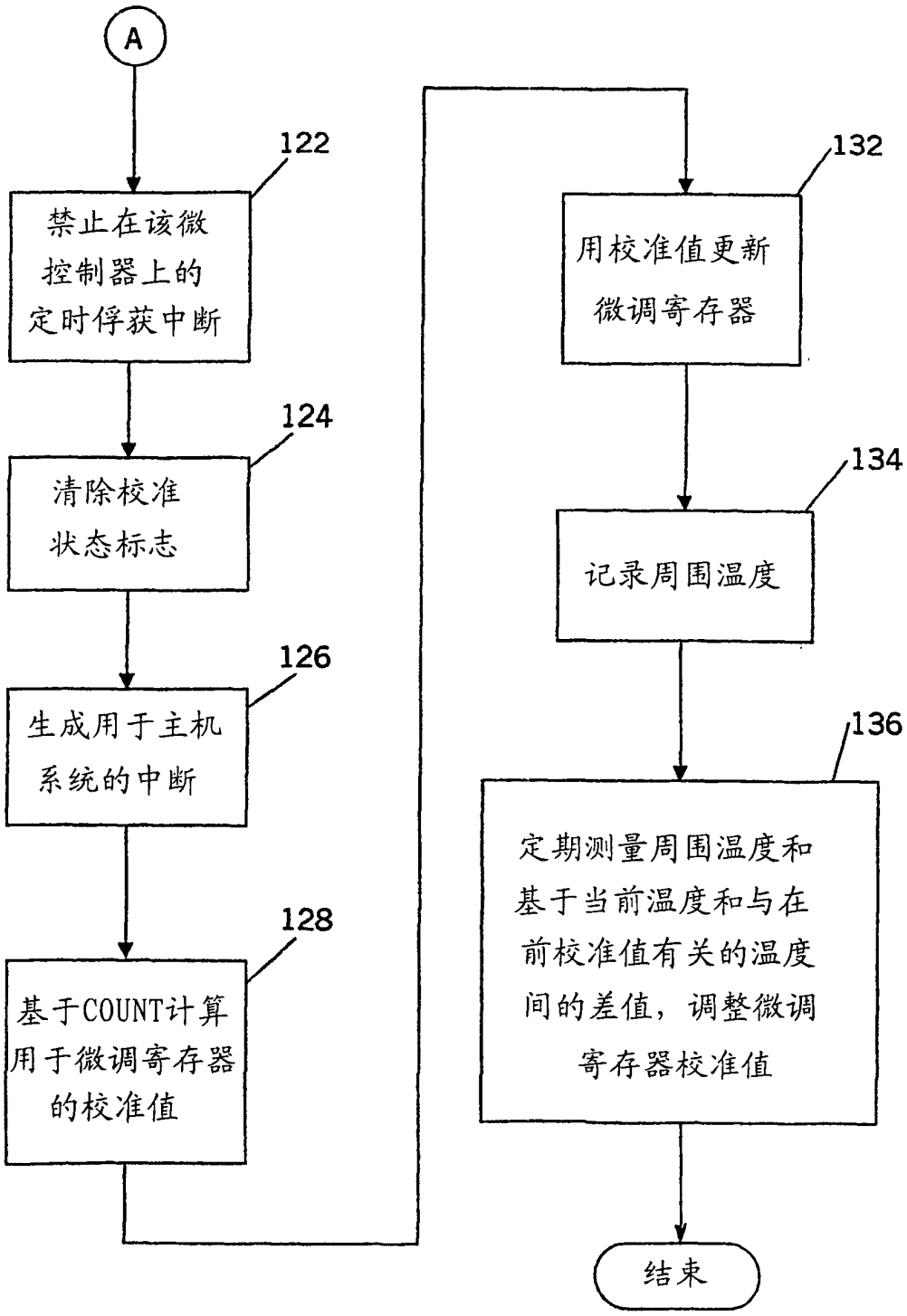

A
122
禁止在该微控制器上的定时俘获中断
124
清除校准状态标志
126
生成用于主机系统的中断
128
基于COUNT计算用于微调寄存器的校准值
132
用校准值更新微调寄存器
134
记录周围温度
136
定期测量周围温度和基于当前温度和与在前校准值有关的温度间的差值，调整微调寄存器校准值
结束

图 5B