

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H03K 3/011

H03K 3/0231 H03K 3/66

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 99804764.3

[43] 公开日 2001年5月23日

[11] 公开号 CN 1296665A

[22] 申请日 1999.12.6 [21] 申请号 99804764.3

[30] 优先权

[32] 1998.12.4 [33] US [31] 09/205,578

[86] 国际申请 PCT/US99/28910 1999.12.6

[87] 国际公布 WO00/36745 英 2000.6.22

[85] 进入国家阶段日期 2000.9.30

[71] 申请人 密克罗奇普技术公司

地址 美国亚利桑那州

[72] 发明人 詹姆斯·B·诺兰 瑞安·S·埃利森

迈克尔·S·派斯卡

[74] 专利代理机构 柳沈知识产权律师事务所

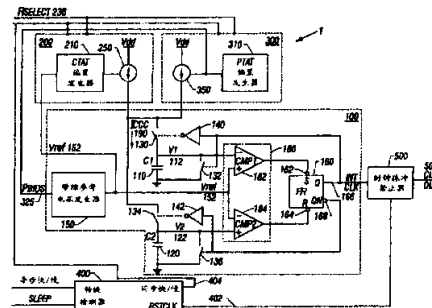
代理人 黄小临

权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图页数 6 页

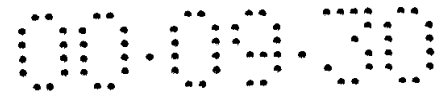
[54] 发明名称 带有温度补偿和各种操作模式的精确弛豫振荡器

[57] 摘要

一种带有温度补偿的精确弛豫振荡器在环境温度发生很大变化的范围内产生稳定的时钟脉冲频率。本发明包括振荡发生器(100)、两个独立的电流发生器(200、300)、转换检测器(400)和时钟脉冲禁止器(500)。两个可编程的、独立的电流发生器的输出组合在一起提供与温度无关的电容器充电电流。精确弛豫振荡器拥有三种操作模式:快模式、慢/低功率模式和休眠模式。带有温度补偿和各种操作模式的精确弛豫振荡器是在单个单片集成电路上实现的。

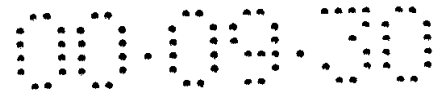


ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1. 一种带有温度补偿电路的精确弛豫振荡器，包括：
振荡发生器；
5 与振荡发生器耦合的第一电流发生器；
与振荡发生器耦合的第二电流发生器；
与振荡发生器耦合的时钟脉冲禁止器；和
与时钟脉冲禁止器耦合的转换检测器；
其中该电路是在单个集成电路上实现的。
- 10 2. 如权利要求 1 所述的电路，其中，所述电路用于产生时钟脉冲输出和具有多种操作模式，所述操作模式包括：
第一操作模式；和
第二操作模式，其中所述第二操作模式的时钟脉冲输出具有比所述第一操作模式的时钟脉冲输出慢的频率。
- 15 3. 如权利要求 2 所述的电路，其中：
所述第一操作模式产生一电容器充电电流；和
所述第二操作模式产生第二电容器充电电流，使第二电容器充电电流小于第一电容器充电电流。
- 20 4. 如权利要求 2 所述的电路，其中：
所述第一操作模式具有第一额定功率消耗；和
所述第二操作模式具有第二额定功率消耗，使第二额定功率消耗小于第一额定功率消耗。
5. 如权利要求 2 所述的电路，其中，所述电路具有其中所述电路不产生时钟脉冲输出的第三操作模式。
- 25 6. 如权利要求 5 所述的电路，其中，所述第三操作模式不产生电容器充电电流。
7. 如权利要求 5 所述的电路，其中，所述第三操作模式具有接近为零的额定功率消耗。
- 30 8. 如权利要求 2 所述的电路，其中，所述第一操作模式是通过选择相对于第一电流发生器来说是内部的电阻和选择相对于第二电流发生器来说是内部的电阻来确定的。



9. 如权利要求 8 所述的电路, 其中, 所述第一操作模式进一步通过编程相对于第一电流发生器来说是内部的多个校准开关和编程相对于第二电流发生器来说是内部的多个校准开关来确定。

5 10. 如权利要求 2 所述的电路, 其中, 所述第二操作模式是通过选择相对于第一电流发生器来说是内部的第二电阻和选择相对于第二电流发生器来说是内部的第二电阻来确定的。

11. 如权利要求 10 所述的电路, 其中, 所述第二操作模式进一步通过编程相对于第一电流发生器来说是内部的多个校准开关和编程相对于第二电流发生器来说是内部的多个校准开关来确定。

10 12. 如权利要求 1 所述的电路, 其中, 所述时钟脉冲禁止器包括计数器。

13. 如权利要求 12 所述的电路, 其中, 所述时钟脉冲禁止器接收来自转换检测器的转换信号, 并且一旦接收到转换信号就在预定数目的时钟脉冲周期内阻止振荡发生器的时钟脉冲输出。

15 14. 如权利要求 13 所述的电路, 其中, 所述时钟脉冲禁止器在经过预定数目的时钟脉冲周期之后允许发送时钟脉冲输出。

15. 如权利要求 13 所述的电路, 其中, 所述预定数目的时钟脉冲周期是可编程的。

16. 一种带有温度补偿电路的精确弛豫振荡器, 其中该电路产生时钟脉冲输出和具有多种操作模式, 所述操作模式包括:

20 第一操作模式; 和

第二操作模式, 其中所述第二操作模式的时钟脉冲输出具有比所述第一操作模式的时钟脉冲输出慢的频率。

17. 如权利要求 16 所述的电路, 其中:

所述第一操作模式产生一电容器充电电流; 和

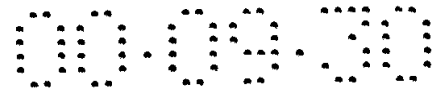
25 所述第二操作模式产生第二电容器充电电流, 使第二电容器充电电流小于第一电容器充电电流。

18. 如权利要求 16 所述的电路, 其中:

所述第一操作模式具有第一额定功率消耗; 和

30 所述第二操作模式具有第二额定功率消耗, 使第二额定功率消耗小于第一额定功率消耗。

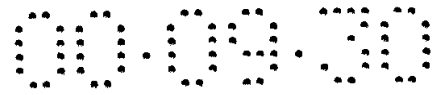
19. 如权利要求 16 所述的电路, 其中:



所述电路具有其中所述电路不产生时钟脉冲输出的第三操作模式。

20. 如权利要求 19 所述的电路, 其中, 所述第三操作模式不产生电容器充电电流。

21. 如权利要求 19 所述的电路, 其中, 所述第三操作模式具有接近于
5 零的额定功率消耗。



说明书

带有温度补偿和各种操作模式 的精确弛豫振荡器

5

发明领域

本发明一般涉及产生时钟脉冲频率的集成电路，尤其涉及在环境温度、制造工艺和电压发生很大变化的范围内产生稳定时钟脉冲频率的精确弛豫振荡器。本发明在单个单片集成电路上实现。此外，该精确弛豫振荡器能够在
10 几种模式下操作。

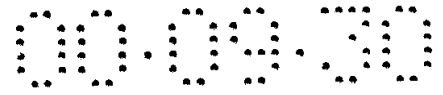
本申请是 1998 年 3 月 19 日申请的发明名称为“带有温度补偿的精确弛豫振荡器”（“Precision Relaxation Oscillator With Temperature Compensation”）的美国专利申请第 09/044,361 号的部分继续申请，1998 年 3 月 19 日申请的美国专利申请第 09/044,361 转让给与本申请相同的受让
15 人，并与本申请拥有至少一个共同发明人。特此引用，以供参考。

现有技术描述

现有技术的现状描述了主要依赖于两种方案之一的 RC 弛豫振荡器。在图 1 所示的第一个例子中，单比较器与脉冲发生器耦合，交替充放电电容器以产生用于“D 型”触发器的时钟脉冲。在这种设计中存在着几种误差源。
20 电阻和电容器通常具有不可预测的电压和温度系数。充电电流和比较器输入摆动(slew)是也经受漂移的电源电压的函数。此时，脉冲发生器输出也可能随着温度和电源电压而变化。这些因素导致了时钟脉冲频率在整个温度范围内发生变化。

在图 2 所示的第二个实施例中，RC 电路提供了到两个比较器的每一个的
25 公用输入。独立的参考电压耦合到比较器其余输入端的每一个。两个比较器每一个的输出端都耦合到“置位复位型”触发器。触发器的输出用于交替充放电电容器。尽管这种电路消除了如上面图 1 所讨论的脉冲发生器存在的不精确性，但它们本身仍显示出其它问题。由于不可能以相同的速率对电容充放电，尤其在温度发生变化的情况下，因此，可能发生占空比误差。此外，
30 由于难以提供对温度步调一致地相互跟踪的两个参考电压，也会引起误差。

因此，存在着提供能够与温度无关保持稳定时钟脉冲频率的弛豫振荡器



的需要。

发明概述

5 本发明的目的之一是提供一种能够保持稳定时钟脉冲频率与温度无关的弛豫振荡器。稳定时钟脉冲定义为在经历温度振荡的环境下保持稳定频率的时钟脉冲。

本发明的另一个目的是提供一种使振荡器的温度系数最小的弛豫振荡器，其中振荡器的温度系数是用时钟脉冲频率的百万分之几被温度除后的值 (ppm/°C) 来量度的。例如，4MHz 时钟脉冲频率的百万分之一每摄氏度等于 4 个时钟脉冲周期。

10 本发明还有一个目的是提供一种不受由于处理过程和电源电压引起的频率漂移影响的弛豫振荡器。

本发明还有一个目的是提供包括快模式、慢/低功率模式和休眠模式的三种操作模式。

15 本发明还有一个目的是当在慢模式和休眠模式下操作时降低功率消耗。

根据本发明的一个实施例，本发明公开了在环境温度发生很大变化的范围内产生稳定时钟脉冲频率的精确弛豫振荡器。精确弛豫振荡器包括振荡发生器；产生第一输出电流的第一电流产生器和产生第二输出电流的第二电流发生器。本发明在单个单片集成电路上得以实现。

20 根据本发明的另一个实施例，外部电阻可以与第一电流发生器或第二电流发生器耦合，生成确定时钟脉冲频率所需要的相应输出电流。

根据本发明的另一个实施例，在第一和第二电流发生器中配置了几个内部电阻，用于选择振荡器的时钟脉冲速率。

根据本发明的另一个实施例，配置了转换检测器电路。

25 根据本发明的另一个实施例，配置了与振荡发生器的输出端耦合的时钟脉冲禁止器。

通过结合附图对本发明的优选实施例进行如下更具体的描述，本发明的上述和其它目的、特征和优点将更加清楚。

附图简述

30 图 1 是显示带有脉冲发生器和简单 RC 弛豫振荡器的现有技术的示意图；

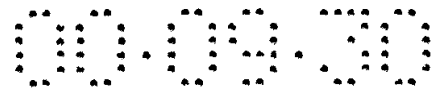


图 2 是显示双比较器 RC 弛豫振荡器的现有技术的示意图;

图 3 是本发明的方框图;

图 4 是存在于本发明中的 CTAT 电流发生器的方框图;

图 5 是存在于本发明中的 PTAT 电流发生器的方框图;

5 图 6 是本发明的特定参数的时序图; 和

图 7 是在慢模式与快模式之间时钟脉冲转换的时序图。

优选实施例详述

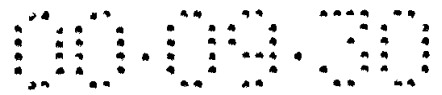
参照图 3, 图 3 显示了在环境温度发生很大变化的范围内产生稳定时钟脉冲频率的精确弛豫振荡器 1。最好, 精确弛豫振荡器 1 在大约 1kHz 至 8MHz 10 的范围内产生稳定时钟脉冲频率。然而, 本领域的普通技术人员应该认识到, 本发明并不仅限于特定的频率范围。

精确弛豫振荡器 1 具有三种模式。第一种模式是快模式, 也是标准工作模式。

15 第二种模式是慢模式, 可以选用于节省电力(power), 还让精确弛豫振荡器 1 使用的电路的一些功能保持有效。第三种模式是休眠模式, 在这种模式中, 精确弛豫振荡器 1 处于无效状态, 既没有时钟脉冲输出, 也没有任何功率消耗。模式之间的转换可以产生“不工作”(“on the fly”), 亦即, 从一种模式到另一种模式的转换不必暂停 CPU 正在进行的处理活动。但是, 在优选实施例中, CPU 或微处理器在转换模式之前将已完成当前指令周期。

20 精确弛豫振荡器 1 包括振荡发生器 100; 第一电流发生器 200, 通常是绝对温度互补(CTAT)电流发生器; 第二电流发生器 300, 通常是绝对温度正比(PTAT)电流发生器; 转换检测器 400; 以及时钟脉冲禁止器 500。在本发明的优选实施例中, 精确弛豫振荡器是在单个单片集成电路上得以实现的。

CTAT 200 和 PTAT 300 电流发生器是彼此独立地实现的, 并对本发明产生 25 几种重要的功能。CTAT 200 和 PTAT 300 电流发生器通过提供补偿(offseting)电流 CTAT 电流 220 和 PTAT 电流 320, 即, 相对于温度具有相反斜率的电流, 来补偿温度变化对器件诸如电阻、电容器和比较器之类的内部部件所产生的影响。CTAT 电流 290 和 PTAT 电流 390 (图 4 和 5) 组合在一起形成电容器充电电流 I_{ccc190} ($I_{ccc190} = \text{CTAT 电流 } 290 + \text{PTAT 电流 } 390$)。CTAT 电 30 流 290 和 PTAT 电流 390 的组合或相加发生在当引入到振荡发生器 100 对第一电容器 110 和第二电容器 120 充电的时候。由于 CTAT 290 和 PTAT 390 电流



是近似线性的，并相对于温度具有相反的斜率，因此，相加的结果是 I_{cc190} 几乎与温度无关。

在优选实施例中，振荡发生器 100 包括置位复位触发器 160；比较器电路 180，进一步包括两个比较器 182 和 184；两个电容器 110 和 120；四个晶体管开关 130、132、134 和 136；两个反相器 140 和 142；和用于产生参考电压 152 的带隙参考电压。

晶体管开关 130 和 134 分别为电容器 110 和 120 提供充电路径。晶体管开关 132 和 136 分别为电容器 110 和 120 提供放电路径。在本优选实施例中，晶体管开关 130、132、134 和 136 是 MOSFET (金属氧化物半导体场效应晶体管) 晶体管，但是，本领域的普通技术人员应该认识到，本发明并不仅限于这种技术。

振荡发生器 100 通过在一个电容器放电的同时另一个电容器充电进行工作。电容器 110 的放电路径通过晶体管开关 132 连接到比较器 182 的输入端。电容器 120 的放电路径通过晶体管开关 136 连接到比较器 184 的输入端。

在本优选实施例中，以及为了达到最佳性能，使用了诸如带隙参考电压电路 150 的稳定参考电压电源。带隙参考电压电路 150 提供单个参考电压 152，它连接到比较器 182 和 184 的第二输入端，并用于将公用模式电压设置 (set) 在比较器 182 和 184 每一个上和设置在 CTAT 电流发生器 200 上。带隙参考电压电路 150 的 P_{BIAS} 输入 325 是下面将要说明的 PTAT 偏置发生器 310 的输出。带隙参考电压电路 150 的优点是稳定电容器充电电流和使由于比较器输入摆动的变化和传播延迟引起的误差最小。

此外，为了消除参考电压漂移的影响，或将参考电压漂移的影响降低到最低程度，CTAT 电流发生器 200 依赖于与比较器 182 和 184 相同的参考电压 152。例如，如果参考电压 152 升高，其值等于 V_{REF}/R 的 CTAT 电流 290 (图 4) 也随之增大。如果没有补偿的话，这个增大的 CTAT 电流将会导致更快的时钟脉冲频率 166，因为产生了更大的 I_{cc190} ，它导致更快地对电容器 110 和 120 充电。然而，电容器 110 和 120 必须充电到更高的电平，以使比较器 182 和 184 相对升高的参考电压 152 解扣 (trip)。因此，本发明需要更简单、更低廉的参考电压电源以取得时钟脉冲频率稳定性。存在各种各样的带隙参考电压电路 150 的实施例，以及象分压器那样的其它参考电压电源，这些都是本领域普通技术人员所熟知的。但是，本发明实现带隙参考电压电路 150 的新

方法并没有在现有技术中公开。

比较器 82 的输出端连接到触发器 160 的置位输入端 162。比较器 184 的输出端连接到触发器 160 的复位输入端 164。因此，随着电容器 110 和 120 交替充放电，比较器 182 和 184 的输出交替置位复位触发器 160，从而生成
5 时钟脉冲输入。

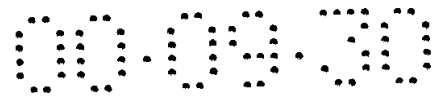
触发器 160 的 Q 输出 166 提供了独立于温度变化的稳定时钟脉冲频率 INTCLK。在本优选实施例中，Q 输出 166 也传送到晶体管开关 132，和通过反相器 140 到晶体管开关 130。因此，Q 输出 166 提供了控制打开和关闭电容器 110 充电和放电路径的晶体管开关 130 和 132 的信号。

10 触发器 160 的互补 Q 输出 168 提供了也独立于温度但与 Q 输出 166 互补的第二稳定时钟脉冲频率。互补 Q 输出 168 传送到晶体管开关 136，并通过反相器 142 到晶体管开关 134。因此，互补 Q 输出 168 提供了控制用于打开和关闭电容器 120 充电和放电路径的晶体管开关 134 和 136 的信号。

转换检测器 400 执行两种基本功能：将异步快/慢信号 (ASYNCH
15 FAST/SLOW) 转换成同步快/慢信号 (SYNCH FAST/SLOW 404) 并初始化时钟脉冲禁止器 500。时钟脉冲禁止器 500 的作用是，当 INTCLK 166 可能不稳定时，在一可编程的数目的时钟脉冲周期内，禁止在模式转换期间将 INTCLK 166 作为 CLKOUT 502 输出。当电路 1 从一种操作模式转换到另一种操作模式时，例如，从慢模式转换到快模式时，由诸如同步单触发电路 (one-shot) 之类的
20 简单组合和顺序逻辑单元组成的转换检测器 400 传送 RSTCLK 402 信号，来初始化时钟脉冲禁止器 500。

一旦从转换检测器 400 接收到 RSTCLK 402 信号，可以是简单可编程计数器的时钟脉冲禁止器 500 就在一预定数目的时钟脉冲周期内禁止将 CLKOUT 502 传送到相连的电路，例如，CPU (中央处理单元)。因此，时钟脉冲禁止器
25 500 用于防止由于不稳定时钟脉冲频率或转换中的时钟脉冲频率引起的逻辑异常。在紧随模式转换的预定数目时钟脉冲周期之后，当估计精确弛豫振荡器 1 的工作状态趋于稳定时，时钟脉冲禁止器 500 将让 CLKOUT 502 通过到相连的电路。

此外，RSTCLK 402 信号的后沿触发 SYNCH FAST/SLOW 404 信号。SYNCH
30 FAST/SLOW 402 信号被 CTAT 电流发生器 200 和 PTAT 电流发生器 300 用来就快或慢模式操作调整相应的电流 290 和 390，下面对此加以说明。



参照图 4，其中相同的标号表示相同的单元。CTAT 电流发生器 200 包括 CTAT 偏置发生器 210 和用于产生 CTAT 电流 290 的电流镜像电路 205。CTAT 偏置发生器 210 包括放大器电路 220；具有正的小温度系数的至少一个电阻 232、233 和 234，用于调节到放大器的输入电流；和晶体管 240，用于将输入电流提供 5 给放大器 220。放大器 200 是共发共基放大器 (cascode) 结构，用于供电和噪声抑制。参考电压 152 耦合到放大器 220 的输入端。

阻抗变化的不同电阻 232、233 和 234 是用来控制传送到电流镜像电路 250 的电流的，由此确定由振荡发生器 100 产生的、与温度无关的特定稳定时钟脉冲频率。本发明提供了输入 SYNCH FAST/SLOW 404 的选择逻辑单元 230 10 和用于选择三个电阻 232、233 或 234 之一的电阻选择单元 (R_{SELECT} 236)。如果 SYNCH FAST/SLOW 404 启用了慢模式，那么，选择内部电阻 $R_{\text{INT/LP}}$ 233。如果 SYNCH FAST/SLOW 404 启用了快模式，那么，选择逻辑单元 230 认为选择中的输入 R_{SELECT} 236 是在内部电阻 R_{INT} 232 与外部电阻 R_{EXT} 234 之间。

在本优选实施例中，快模式内部电阻 232 是利用多晶硅技术制造的，这 15 种多晶硅技术保证了低阻抗，由此提供了较高电流，这又提供了较快时钟脉冲。另外，多晶硅技术还具有低温度系数 (ppm/°C)，从而提供了改善了的对温度的频率稳定性。

相比之下，慢模式内部电阻 233 最好利用掺杂硅基片制造，通常通过注入和/或扩散，例如，轻掺杂耗尽 (LDD, Lightly Doped Drain) 等方法。掺杂 20 硅产生了高阻抗，它降低到电流镜像电路 250 的电流，因此允许在低功率下操作。

慢模式内部电阻 233 也可以利用多晶硅技术制造。但是，多晶硅的单位面积电阻显著低于掺杂硅的单位面积电阻。因此，对于相近阻值，多晶硅电阻需要比掺杂硅电阻有大得多的半导体面积。在典型的应用中，精确弛豫振 25 荡器 1 的功率消耗范围为从快模式下的 250 μ A (微安) 到慢模式下的 20 μ A 或更小。当处在休眠模式下时，则没有功率消耗。

电流镜像电路 250 包括从 1 到 n 的若干个电阻 252。CTAT 偏置发生器的放大器 220 的输出耦合到电流镜像电路的电阻 252。调整 CTAT 电流 290 以达到合适的 CTAT: PTAT 平衡是通过校准开关 254 选择或使能一个或多个电流镜 30 像晶体管 252 来数字化编程的，这些所选择的晶体管 252 的电流将相加，以获得所希望的 CTAT 电流 290。



校准开关 254 还通过 CTAT 校准选择解码器 256 与 SYNCH FAST/SLOW 404 信号相耦接。在快模式中，将校准开关 254 配置成调整用于快时钟脉冲的电流 I_{CTAT} 。在慢模式中，校准开关 254 可以要求不同的配置来调整用于慢时钟脉冲的电流 I_{CTAT} 。因此，校准开关 254 根据 SYNCH FAST/SLOW 404 信号的状态，在快模式校准与慢模式校准之间切换。

在本优选实施例中，电流镜像电路 250 用作本领域普通技术人员所熟知的分流器。在其它实施例中，可以将电流镜像电路 250 配置成电流倍增器。CTAT 电流 290 是来自电流镜像晶体管 252 的所选输出的总和。

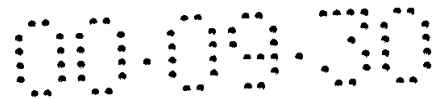
参照图 5，其中相同标号表示相同单元。本领域普通技术人员已知的，作为 ΔV_{BE} 电路的 PTAT 电流发生器 300 包括 PTAT 偏置发生器 310 和用于产生 PTAT 电流 390 的 PTAT 电流镜像电路 350。PTAT 偏置发生器 310 包括：放大器电路 320；第一偏置电路 330，用于在具有小线性温度系数的可选电阻 332、333 和 334 两端产生第一偏置电压；和第二偏置电路 340，用于产生第二偏置电压。第一和第二偏置电压提供对放大器 320 的输入。放大器 320 的输出是耦合到第一偏置电路 330 和第二偏置电路 340、PTAT 电流镜像电路 350 和带隙参考电压发生器 150 (图 1) 的 P_{DIAS} 325。

阻抗可变的电阻 332、333 和 334 是用于控制传送到电流镜像电路 350 的电流的，由此确定由振荡发生器 100 产生的、与温度无关的特定稳定时钟脉冲频率。

与 CTAT 偏置发生器 210 相似，PTAT 偏置发生器 310 提供了输入 SYNCH FAST/SLOW 404 的选择逻辑单元 330 和用于选择三个电阻 332、333 或 334 之一的电阻选择单元 R_{SELECT} 236。如果 SYNCH FAST/SLOW 404 启用了慢模式，那么，选择内部电阻 $R_{INT/LP}$ 333。如果 SYNCH FAST/SLOW 启用了快模式，那么，选择逻辑单元 330 认为选择中的输入 R_{SELECT} 336 是在内部电阻 R_{INT} 332 与外部电阻 R_{EXT} 334 之间。

在本优选实施例中，快模式内部电阻 332 是利用多晶硅技术制造的，这种多晶硅技术保证了低阻抗，由此提供了较高电流，这又提供了较快时钟脉冲。另外，多晶硅技术还具有低温度系数 (ppm/°C)，从而提供改善了的对温度的频率稳定性。

相比之下，慢模式内部电阻 333 最好利用扩散技术，例如，轻掺杂耗尽方法来制造。扩散技术产生它高阻抗又降低到电流镜像电路 350 的电流，因



此允许在低功率下操作。在 CTAT 和 PTAT 偏置发生器 210 和 310 中的相应电阻对应该相互匹配以获得最佳稳定性，例如，在快模式中两个电阻 R_{EXT} 234 和 334 或 R_{INT} 232 和 332 都是多晶硅，在慢模式中，两个电阻 $R_{INT/LP}$ 233 和 333 都是掺杂硅。

5 慢模式内部电阻 233 也可以利用多晶硅技术制造。但是，多晶硅的单位面积电阻显著低于扩散技术的单位面积电阻。因此，对于相近阻值，多晶硅电阻需要比掺杂硅电阻大得多的半导体面积。

10 PTAT 电流镜像电路 350 包括从 1 到 n 的若干个晶体管 352。调整是通过编程经校准开关 354 对一个或多个电流镜像晶体管 352 的选择或使能以获得所需的 PTAT 电流 390 来数字地实现的。

15 校准开关 354 也通过 PTAT 校准选择解码器 356 与 SYNCH FAST/SLOW 404 信号相耦接。在快模式中，将校准开关 354 配置成调整用于快时钟脉冲的电流 I_{PTAT} 。在慢模式中，校准开关 354 可以需要不同的配置来调整用于慢时钟脉冲的电流 I_{PTAT} 。因此，校准开关 354 根据 SYNCH FAST/SLOW 404 信号的状态，在快模式校准与慢模式校准之间切换。

在本优选实施例中，电流镜像电路 350 用作本领域普通技术人员所熟知的分流器。在其它实施例中，可以将电流镜像电路 350 配置成电流倍增器。PTAT 电流 390 是来自电流镜像晶体管 352 的所选输出的总和。

20 参照图 6，其中相同标号表示相同单元，图 6 显示了关于弛豫振荡器 1 的一般时序图（即，非模式相关的）。V1 112 表示电容器 110（图 1）的充放电。注意，V1 112 的正斜率（充电）等于 I_{CC} 190 除以电容器 110 的电容值。V1 112 的最大幅度等于参考电压 152。CMP1 表示与触发器 160 的置位输入端 162 耦合的比较器 182 的输出。

25 V2 122 表示电容器 120 的充放电。在这种情况下，V2 122 的正斜率等于 I_{CC} 190 除以电容器 120 的电容值。CMP 2 表示与触发器 160 的复位输入端 164 耦合的比较器 184 的输出。CLK 是触发器 160 的 Q 输出 166。

30 对于 50% 的占空比，电容器 110 和 120 的值是相同的，这导致了 V1 122 和 V2 122 具有相近的斜率。随着电容器电压超过参考电压 152，相应比较器 182 和 184 脉冲幅度降低，这引起触发器 160 改变状态。RST（复位）用于将比较器 182 和 184 以及触发器 160 初始化成已知状态。

参照图 7，其中相同标号表示相同单元，图 7 显示了说明从图 3 的实施



例的慢模式转换成快模式的时序图。当从快模式转换到慢模式时，弛豫振荡器将进行类似的操作。

5 在该时序图中，弛豫振荡器 1 (图 3) 首先以慢模式操作。转换检测器 400 接收从本发明的外部生成的 ASYNCH FAST/SLOW 信号。在本优选实施例中，逻辑电平“0”表示慢模式，逻辑电平“1”表示快模式。转换到休眠模式的信号是单独的、有效高信号。

10 一旦接收到转换到快模式的、满足与内部时钟脉冲 INTCLK 160 有关的所要求设置时间的 ASYNCH FAST/SLOW 信号，转换检测器 400 就生成两个输出。转换检测器 400 将复位脉冲 RSTCLK 402 输出到时钟脉冲禁止器 500。转换检测器 400 还使 ASYNCH FAST/SLOW 信号同步，并在 RSTCLK 402 的后沿，转换检测器 400 将 SYNCH FAST/SLOW 404 输出到电流发生器 200 和 300。此时，电流发生器 200 和 300 开始转换，以生成快模式所需要的电流。随着电流发生器 200 和 300 开始它们的内部转换，需要几个时钟脉冲周期使偏置电流安定下来 (settle) 和使 INTCLK 166 稳定下来。

15 一旦接收到 RSTCLK 402，时钟脉冲禁止器 500 马上就开始禁止 CLKOUT 502。在 RSTCLK 504 脉冲的后沿，弛豫振荡器 1 开始从慢模式转换到快模式。在一个实施例中，在释放禁止和使 CLXOUT 504 开始快模式时钟脉冲之前，时钟脉冲禁止器为了稳定，计数并禁止 INTCLK 166 的八个快时钟脉冲周期。

20 本发明使由于制造工艺、电源电压和温度的变化所致的时钟脉冲漂移最小化。这是通过以下方式实现的：提供当相加时与温度变化无关的补偿偏置电流；通过可编程电流镜像电路 250 和 350 进行调整以消除工艺差别 (variations)；并使用诸如带隙参考电压电路 150 和双电容器双比较器振荡发生器 110 的稳定参考电压。此外，本领域普通技术人员所熟知的模拟设计技术，例如，部件匹配和共发共基电流源也提高了电路的稳定性。

25 尽管通过参照本发明的优先实施例已经对本发明进行了具体的图示和描述，但本领域的普通技术人员应该明白，可以进行形式上和细节上的改变，但均不偏离本发明的精神和范围之外。

说明书附图

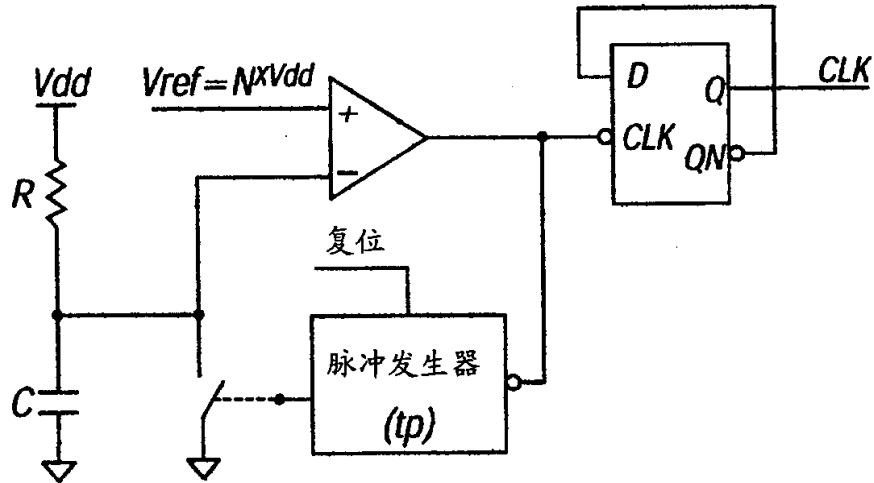


图 1

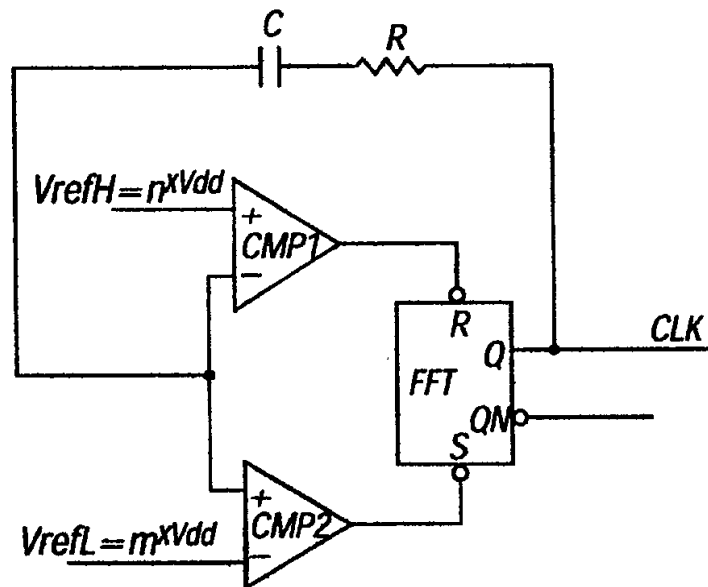


图 2

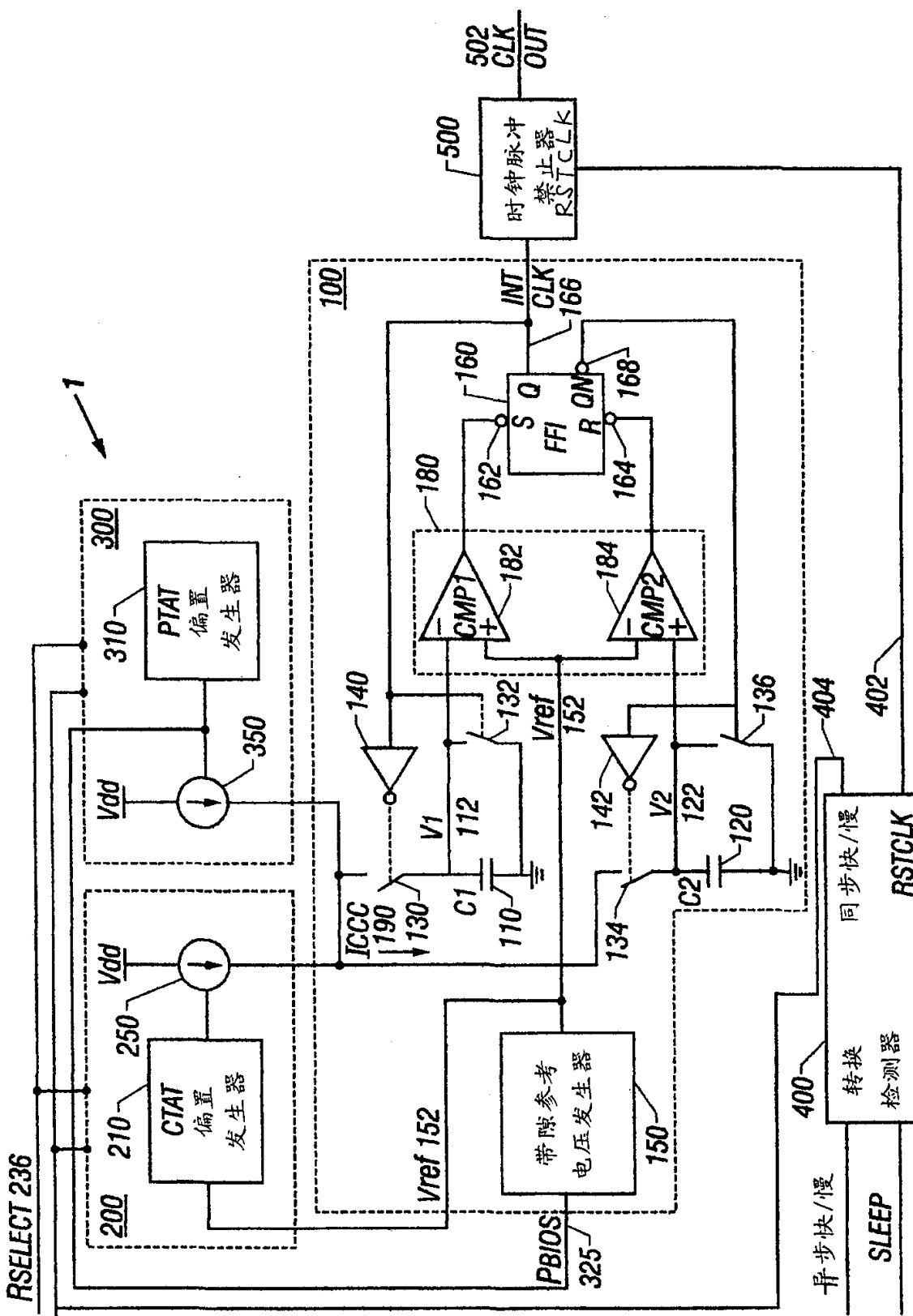


图 3

CTAT 电流发生器

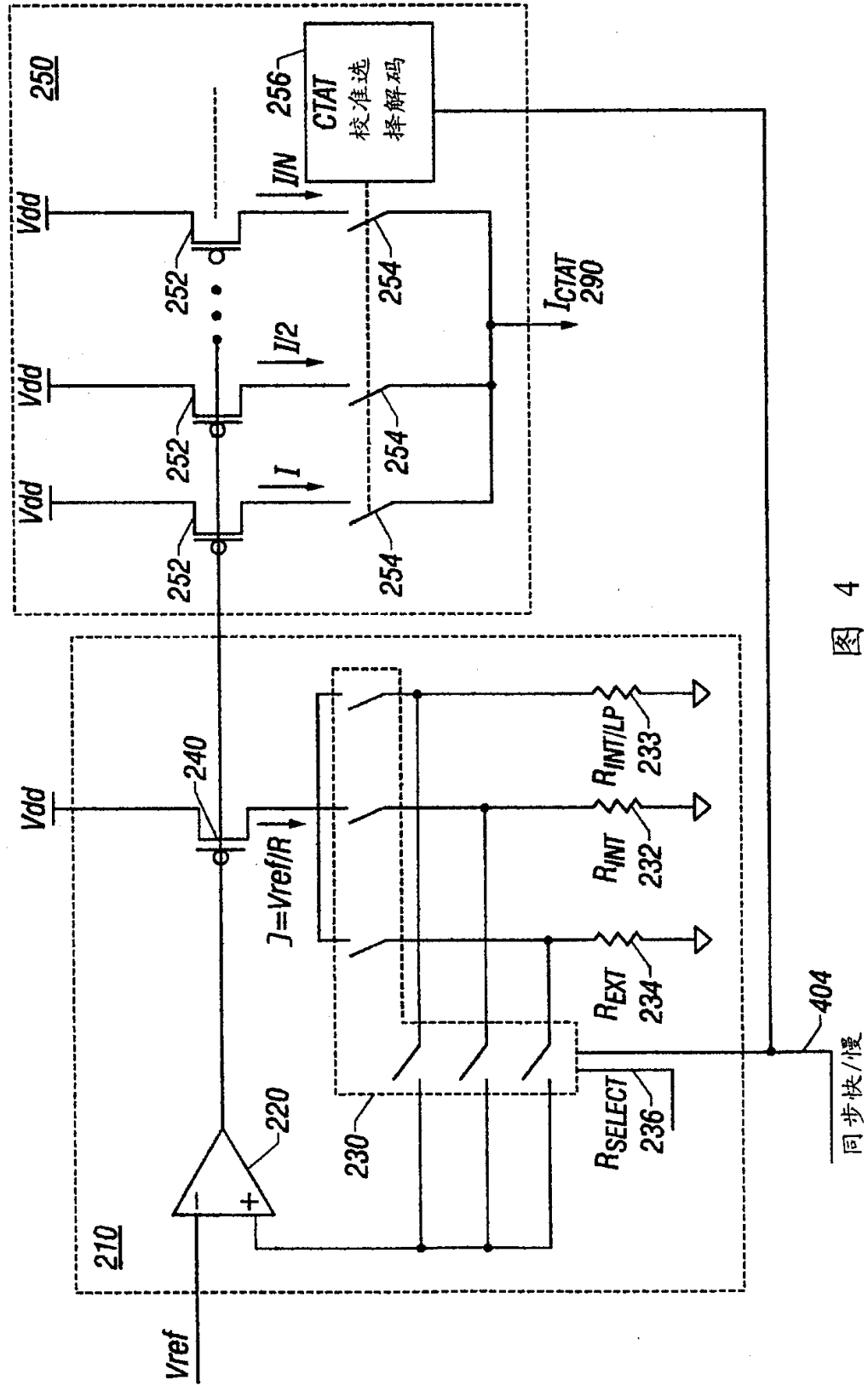


图 4

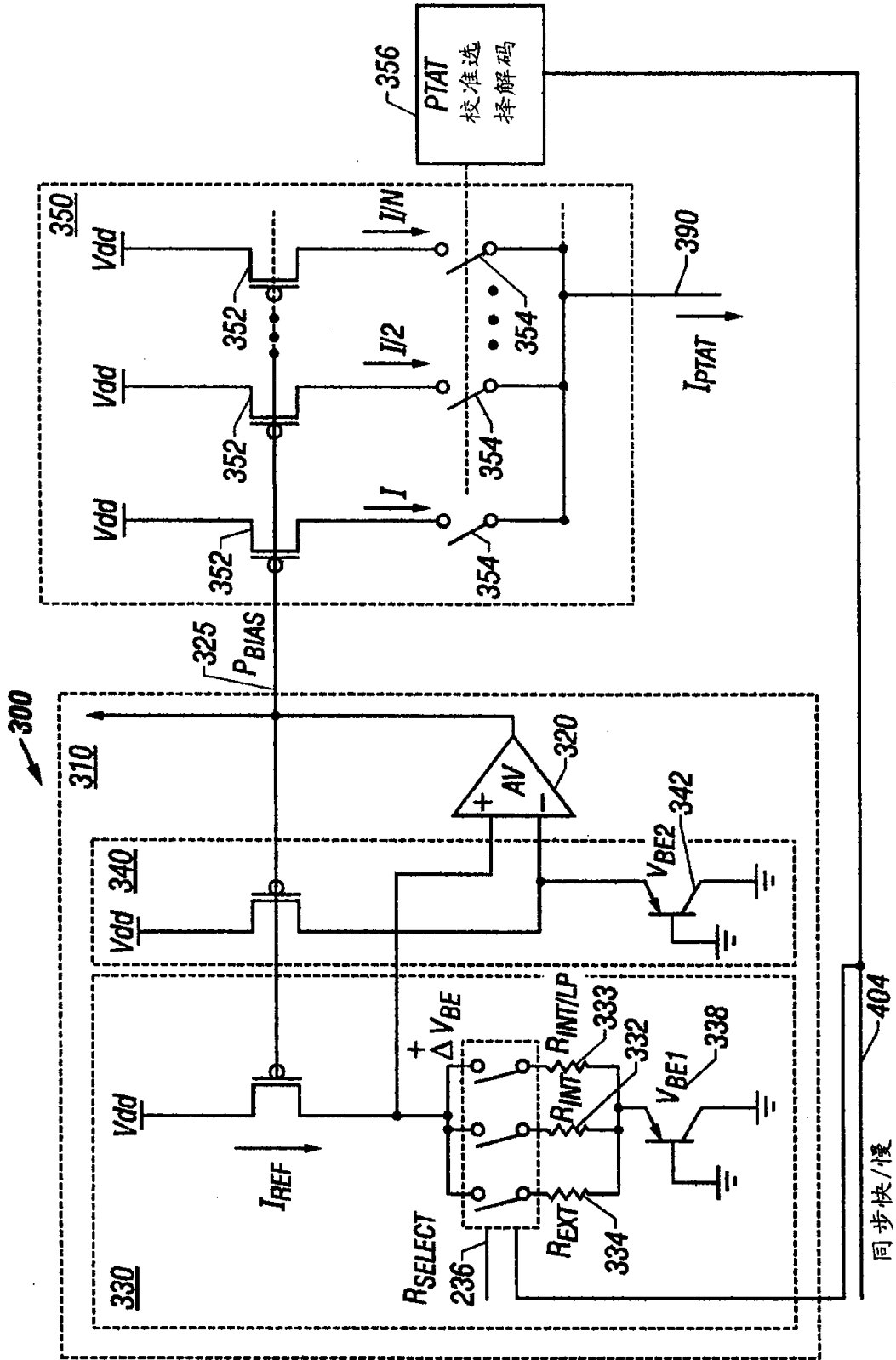


图 5

带有温度补偿的精确弛豫振荡器

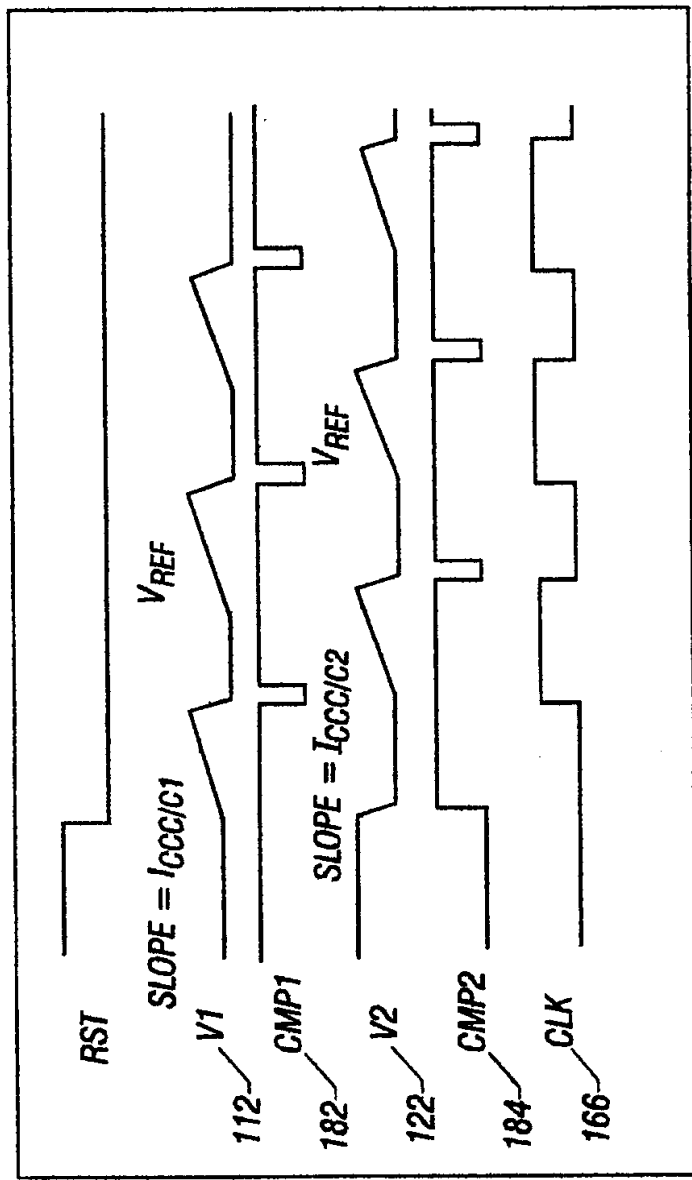


图 6

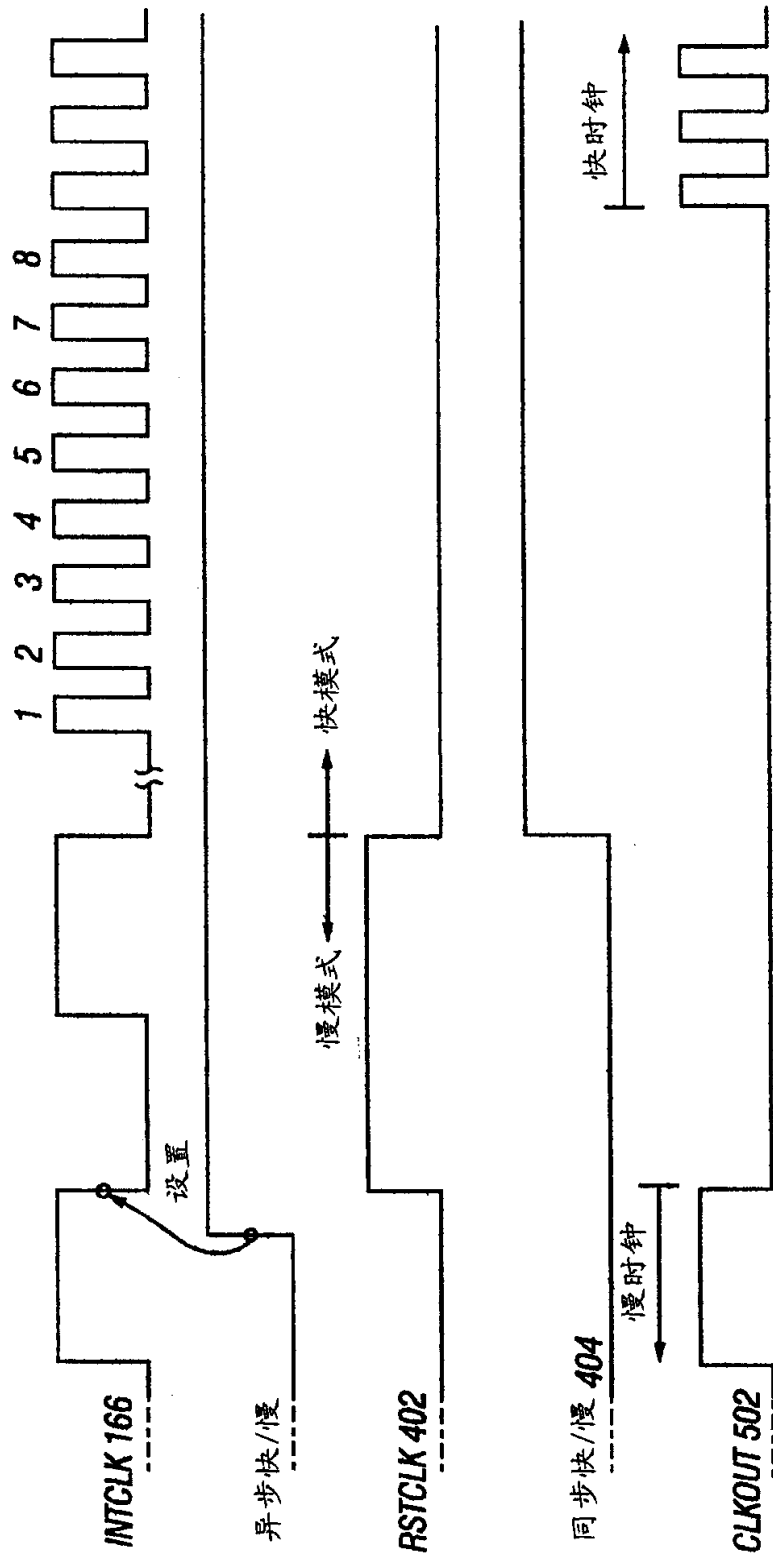


图 7