

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101366180 B

(45) 授权公告日 2013.02.13

(21) 申请号 200680040100.0

(22) 申请日 2006.10.18

(30) 优先权数据

11/261,978 2005.10.28 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008.04.28

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2006/040872 2006.10.18

(87) PCT申请的公布数据

W02007/070166 EN 2007.06.21

(73) 专利权人 飞思卡尔半导体公司

地址 美国得克萨斯

(72) 发明人 劳伦斯·E·康奈尔

丹尼尔·P·麦卡锡

迈克尔·L·布什曼

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 陆锦华 黄启行

(51) Int. Cl.

H03L 5/00(2006.01)

(56) 对比文件

CN 2472421 Y, 2002.01.16,

CN 2265030 Y, 1997.10.15,

US 20060071729 A1, 2006.04.06,

审查员 王昆

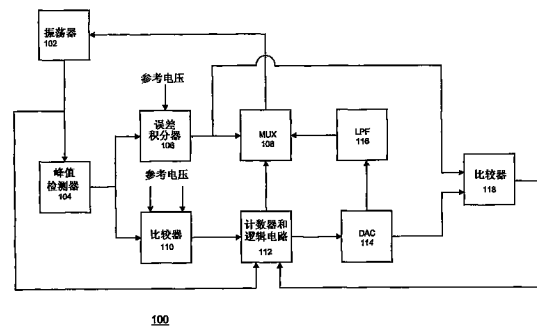
权利要求书 3 页 说明书 5 页 附图 5 页

(54) 发明名称

具有快速启动的低噪声参考振荡器

(57) 摘要

提供一种具有快速启动时间和低噪声稳态的频率源。该频率源包括：振荡器 (102) 以及在振荡器启动时的模拟 AGC 环路和稳态操作中的数字 AGC 环路之间进行切换的混合自动增益控制 (AGC) 环路。所述模拟 AGC 环路包括连接到振荡器 (102) 的峰值检测器 (104) 和对峰值检测器 (104) 输出与参考电压之间的差值进行积分的误差积分器 (106)。数字 AGC 环路包括比较峰值检测器输出与高/低参考电压的比较器 (110)，提供计时器信号的振荡器 (102) 计数器，被提供有数字字的数模转换器 (DAC) (114)，以及在 DAC (114) 和振荡器 (102) 之间的低通滤波器 (116)。该计时器信号促使多路复用器 (108) 去选择模拟 AGC 环路或数字 AGC 环路。



1. 一种频率源,包括:  
幅度可控的振荡器;以及  
混合自动增益控制 AGC 环路,其与所述振荡器相连接,所述混合 AGC 环路包括模拟 AGC 环路和数字 AGC 环路,当所述振荡器启动时,所述模拟 AGC 环路可操作以连接到振荡器,并且在所述振荡器达到稳态操作之后,所述数字 AGC 环路可操作以连接到振荡器。
2. 如权利要求 1 所述的频率源,其中所述振荡器包括晶体。
3. 如权利要求 1 所述的频率源,其中所述混合 AGC 环路包括多路复用器和逻辑电路,所述逻辑电路可操作以供给所述多路复用器选择信号以使得所述多路复用器选择模拟 AGC 环路或数字 AGC 环路。
4. 如权利要求 1 所述的频率源,其中所述模拟 AGC 环路包括峰值检测器以及与所述峰值检测器的输出和参考电压相连接的误差积分器,所述误差积分器可操作以对所述峰值检测器的输出与所述参考电压之间的差值进行积分。
5. 如权利要求 1 所述的频率源,其中所述数字 AGC 环路包括:  
峰值检测器,可操作以检测所述振荡器的峰值幅度,  
比较器,与所述峰值检测器的输出和形成电压窗口的一对不同参考电压相连接,  
纹波计数器,与所述振荡器的输出相连接,并且可操作以提供计时器信号,以及累加/递减计数器,与所述比较器的输出相连接,并且可操作以提供数字字,  
数模转换器 DAC,与所述纹波计数器以及所述累加/递减计数器相连接,其可操作以接收所述数字字并根据所述计时器信号进行更新,更新过的 DAC 的输出根据所述数字字来调节,以及  
低通滤波器 LPF,与所述 DAC 的输出相连接,根据 LPF 的输出来驱动所述振荡器。
6. 如权利要求 2 所述的频率源,进一步包括:比较器,其可操作以当所述振荡器处于启动模式时比较所述模拟和数字 AGC 环路的输出,并且当所述混合 AGC 环路将驱动振荡器从所述模拟 AGC 环路切换到所述数字 AGC 环路时,供给所述数字 AGC 环路反馈信号以调节所述数字 AGC 环路的输出,以使得所述模拟和数字 AGC 环路的输出相同。
7. 一种频率源,包括:  
幅度可控的振荡器;以及  
混合自动增益控制 AGC 环路,其与所述振荡器相连接,所述混合 AGC 环路包括模拟 AGC 环路和数字 AGC 环路,其中所述混合 AGC 环路可操作以在预定的时间量之后将所述振荡器从所述模拟 AGC 环路驱动到所述数字 AGC 环路。
8. 如权利要求 7 所述的频率源,其中在所述振荡器的振荡数量达到预定阈值之后,根据所述振荡器振荡的固定数量来确定所述预定的时间量。
9. 一种控制电路,包括:  
模拟自动增益控制 AGC 环路;  
数字 AGC 环路;  
多路复用器,可操作以在所述模拟和数字 AGC 环路的输出之间进行选择;以及  
第一比较器,与所述模拟和数字 AGC 环路的输出相连接,所述第一比较器可操作以将反馈信号提供给所述数字 AGC 环路,以使得所述模拟和数字 AGC 环路的输出相同。
10. 如权利要求 9 所述的控制电路,其中所述模拟 AGC 环路包括:

峰值检测器,可操作以对将被测量的信号的峰值幅度进行检测;以及  
误差积分器,与所述峰值检测器的输出和参考电压相连接,所述误差积分器可操作以对所述峰值检测器的输出与参考电压之间的差值进行积分。

11. 如权利要求 9 所述的控制电路,其中所述数字 AGC 环路包括:

峰值检测器,可操作以对将被测量的信号的峰值幅度进行测量,  
第二比较器,与所述峰值检测器的输出和形成电压窗口的一对不同参考电压相连接,  
纹波计数器,可操作以接收所述将被测量的信号并且提供计时器信号,所述第一或第二比较器中的至少一个的输出与可操作以提供数字字的累加/递减计数器相连接,  
数模转换器 DAC,与所述纹波计数器以及所述累加/递减计数器相连接,所述 DAC 可操作以接收所述数字字并通过所述计时器信号进行更新,更新过的 DAC 的输出根据所述数字字来调节,以及

低通滤波器 LPF,与所述 DAC 的输出相连接,所述数字环路的输出取决于所述 LPF 的输出。

12. 如权利要求 9 所述的控制电路,其中所述多路复用器可操作以在距离启动事件预定时间量之后将所述多路复用器的输出从所述模拟 AGC 环路切换到所述数字 AGC 环路。

13. 如权利要求 9 所述的控制电路,其中所述多路复用器的输出足以驱动晶体振荡器。

14. 一种用于控制晶体振荡器的方法,所述方法包括在当所述振荡器启动时将模拟自动增益控制 AGC 环路的输出提供给所述振荡器与当所述振荡器已经达到稳态操作之后将数字 AGC 环路的输出提供给所述振荡器之间进行切换。

15. 如权利要求 14 所述的方法,进一步包括将选择信号供给多路复用器以使得所述多路复用器选择所述模拟 AGC 环路或者所述数字 AGC 环路。

16. 如权利要求 14 所述的方法,其中所述模拟 AGC 环路包括检测所述振荡器的峰值幅度的峰值检测器以及被供有所述峰值检测器的输出和参考电压的误差积分器,所述误差积分器对在所述峰值检测器的输出与参考电压之间的差值进行积分,根据积分的结果来驱动所述振荡器。

17. 如权利要求 14 所述的方法,其中所述数字 AGC 环路包括:

峰值检测器,检测所述振荡器的峰值幅度,  
比较器,被供有所述峰值检测器的输出和形成电压窗口的一对不同的参考电压,  
纹波计数器,所述振荡器的输出被供给该纹波计数器以提供计时器信号,以及累加/递减计数器,所述比较器的输出被供给该累加/递减计数器以提供数字字,  
数模转换器 DAC,其被供有所述数字字并通过所述计时器信号进行更新,更新过的 DAC 的输出根据所述数字字来调节,以及

低通滤波器 LPF,所述 DAC 的输出被供给该低通滤波器,根据所述 LPF 的输出来驱动所述振荡器。

18. 如权利要求 14 所述的方法,进一步包括:当振荡器处于启动模式时比较所述模拟和数字 AGC 环路的输出,并且当所述振荡器的驱动被从所述模拟 AGC 环路切换到所述数字 AGC 环路时,将反馈信号供给所述数字 AGC 环路以调节所述数字 AGC 环路的输出,以使得所述模拟和数字 AGC 环路的输出相同。

19. 如权利要求 14 所述的方法,其中在预定的时间量之后所述振荡器的驱动被从所述

模拟 AGC 环路切换到数字 AGC 环路。

## 具有快速启动的低噪声参考振荡器

### 技术领域

[0001] 本实施例涉及振荡器。更具体地,该实施例涉及一种在稳态操作中具有减少了的启动时间和低噪声的振荡器。

### 背景技术

[0002] 许多现代的电子电路,诸如通信中所使用的电子电路,使用高容差、低噪声基准频率源。这些基准频率源典型地包含石英晶体振荡器电路。具有增益的有源设备用于激励晶体振荡器,其花费有限量时间以从启动达到稳态操作。晶体振荡器的最佳低噪声性能取决于有源设备的增益。该增益提高了振荡器的噪声。用于达到期望振幅的增益取决于晶体振荡器的晶体阻抗。

[0003] 然而,晶体阻抗不是恒定的,典型地在启动时高于在稳态中振荡时。晶体阻抗与振荡器的 Q 因数有关,其用于确定应用于晶体的功率量以保持其以相同振幅振荡。随着阻抗减小,所消耗的功率量减少。晶体阻抗的变化导致在启动时比稳态操作中期望去达到最佳噪声性能时使用更多的功率。然而,减少功率以至于在稳态中达到最佳噪声性能增加了晶体振荡器从启动达到稳态的时间量。相反,期望的是在晶体振荡器的许多应用中以最小的时间量来达到稳定的稳态频率。因此,期望的是提供一种既具有快的启动时间又具有低噪声稳态操作的参考振荡器。

[0004] 另外,晶体本身的物理变化导致晶体振荡的振幅改变。所以,成批晶体中的晶体可能具有不同的在特定幅度范围上的稳态振荡频率。相似地,振荡器电路的环境温度的变化可以促使特定晶体的稳态振幅由于电路增益的改变而波动。所以,另外期望提供一种装置,其为晶体间的变化和单个晶体的温度变化提供补偿。

### 附图说明

[0005] 本发明通过实例来说明并且不限于其中类似的参考指示相似元件的附图。

[0006] 图 1 说明了根据一个实施例的 AGC 环路。

[0007] 图 2 说明了模拟模式中的图 1 的 AGC 环路。

[0008] 图 3 说明了数字模式中的图 1 的 AGC 环路。

[0009] 图 4 示出了对于 AGC 环路的一个实施例而言,振荡器信号、参考信号、以及启动信号相对于时间的曲线图。

[0010] 图 5 示出了图 1 所示 AGC 环路处于数字模式时,相位噪声对比振荡器输出的曲线图。

[0011] 本领域技术人员可以理解,图中的元件以简单清楚目的而进行说明,没有必要按照刻度进行绘制。

[0012] 详细描述

[0013] 为频率源提供一种混合自动增益控制 (AGC) 环路。混合 AGC 环路包含模拟 AGC 环路和数字 AGC 环路。AGC 监控频率源的晶体振荡器的幅度。模拟 AGC 环路控制在启动时间

时晶体振荡器的激励,数字 AGC 环路控制在达到稳态操作之后的晶体振荡器的激励。AGC 反馈环路调节振荡器的增益以保持幅度基本恒定。这样允许其引入能够调制振荡器的噪声的 AGC 环路最初具有较快的启动模拟模式并且然后切换到数字模式。相比较于模拟模式而言,在数字模式中,由于以较慢速率更新数字控制器,所以振荡器输出变化出现得相对较慢。然而,数字模式比模拟模式产生更低的噪声。混合 AGC 环路能够在其中低噪声振荡器被期望的任一产品中使用,诸如用于通信装备的调谐器集成电路。

[0014] 图 1 示出了混合 AGC 的一个实施例。混合 AGC100 包括幅度可控振荡器 102,峰值检测器 104,误差积分器 106,多路复用器 (MUX) 108,第一比较器 110,计数器(计时器)和数字控制逻辑电路块 112,数模转换器 (DAC) 114,低通滤波器 116,以及第二比较器 118。虽然以下提供描述,但是本领域技术人员将熟悉不同的单个元件,诸如比较器、MUX、模拟积分器、低通滤波器和峰值检测器。

[0015] 在一个实施例中,振荡器 102 是晶体振荡器,其包含石英晶体。该晶体由电源激励以产生幅度取决于激励功率的正弦波振荡。

[0016] 振荡器 102 的输出连接到峰值检测器 104 的输入。峰值检测器 104 是一种用于检测振荡器 102 的峰值幅度的模拟电路。峰值检测器 104 的输出被提供到误差积分器 106 的输入和第一比较器 110 的输入。

[0017] 图 2 示出了处于模拟模式状态中的 AGC 环路 100 的视图。图 2 说明了在启动期间,用于控制振荡器 102 的幅度的反馈路径包括峰值检测器 104、误差积分器 106、以及 MUX108。

[0018] 误差积分器 106 也被供有一参考电压。在一个实施例中,可通过连接在电源和地之间的电压分压器来提供参考电压。电源也可以是稳定供应电压(例如电池)。电压分压器可以包含固定的或可调节的电阻器。因此,误差积分器 106 上所提供的参考电压能够被设定为任一期望的值。

[0019] 误差积分器 106 比较峰值检测器 104 所检测到的峰值与参考电压并且对峰值检测器 104 的输出与参考电压之间的差值进行积分。误差积分器 106 能够通过模拟电路来实现。在一实施例中,误差积分器 106 包括运算放大器 (op-amp) 和电容器,所述运算放大器具有:反相输入,来自于峰值检测器 102 的信号经由电阻器而被提供于此;非反相输入,参考电压提供于此,所述电容器连接在运算放大器的输出和所述反相输入之间。

[0020] 将误差积分器 106 的输出提供到 MUX108 的一输入。MUX108 的选择器被连接到计数器和逻辑电路 110,其向 MUX108 提供选择信号。当混合 AGC100 处于模拟模式时,诸如在启动期间,MUX108 选择误差积分器 106 的输出。MUX108 的输出被提供到振荡器 102 以驱动振荡器中的晶体。

[0021] 另一方面,图 3 示出了 AGC 环路 100 处于数字模式中的视图。图 3 说明了在稳态操作期间,用于控制振荡器 102 的幅度的反馈路径包括峰值检测器 104、第一比较器 110、计数器和数字逻辑电路块 112、数模转换器 (DAC) 114、低通滤波器 116 和 MUX108。

[0022] 峰值检测器 104 的输出被提供给第一比较器 110 的输入。第一比较器 110 也被提供至少两个参考电压。这些参考电压是不同的并且可以由电压分压器或与将参考电压供给误差积分器 106 相似的方式中的其它电路来提供。提供给第一比较器 110 的参考电压表示在调节供给振荡器 102 的功率之前振荡器 102 所提供的可接受的幅度电压的范围。

[0023] 更具体地,将第一比较器 110 的输出经由计数器和逻辑电路块 112 提供给 DAC114。

在 DAC114 的输出被调节之前,提供给第一比较器 110 的参考电压是振荡器 102 的低幅度电压和高幅度电压。例如,如果振荡器 102 具有标定的 1V 峰到峰,那么低参考电压和高参考电压可以分别是 0.95V 和 1.05V。

[0024] 计数器和逻辑电路块 112 包含第一计数器(累加/递减计数器)和第二计数器(纹波计数器)。第一比较器 110 以及计数器和逻辑电路块 112 的累加/递减计数器包括数字误差积分器。第一比较器 110 的输出是三态信号,其指示累加/递减计数器是否该累加,递减或维持其当前的值。当峰值检测器 104 的输出在第一比较器 110 的参考电压窗口之外时,第一比较器 110 的输出将允许累加/递减计数器去累加或递减;当峰值检测器 104 的输出在参考电压窗口之内时,累加/递减计数器将保持其值。累加/递减计数器的输出是数字字(例如二进制数)。在一些实施例中,该字是模拟环路中误差积分器 106 的模拟输出的数字等效值。该数字字被提供到 DAC114,在 DAC114,其被转换为可与模拟误差积分器 106 的输出进行比较的模拟电压。第二二进制计数器(纹波计数器)作为一种计时器起作用并且被用于确定 MUX108 的输出从模拟转换为数字输出的时间。该纹波计数器也执行以下操作,即用于确定对输出到 DAC114 的累加/递减计数器输出进行更新的时间。累加/递减计数器以预定间隔进行更新。控制更新速率和使用 LPF116 低通滤波 DAC114 的输出会减少与数字环路操作相关联的噪声。

[0025] DAC114 的输出经由 LPF116 而被提供到振荡器 102。当 DAC114 逐渐上调或逐渐下调振荡器 102 的增益时,在切换 DAC114 期间,LPF116 减少由 DAC114 所产生的较高的频率噪声。LPF116 可以由许多电路来实现。LPF116 通过的频率范围是从 DC 到一设定的值。在一实施例中,单极 RC 滤波器的角频率大约是 100kHz。

[0026] AGC 环路 100 如图 4 实例所示那样操作。在启动之前,上部图形示为 Xtal1 的来自振荡器 102 的信号和中部图形所示的提供给振荡器 102 的稳定电压为低。启动时,图 4 下部图形所示的功率下降信号转换为低(例如大约 0.9ms)。峰值检测器 104 检测到振荡器 102 提供的低电压并且误差积分器 106 提供最大电压,其是 MUX108 传递给振荡器 102 的电压。因此如该实施例所示那样花费大约 0.1ms,提供给振荡器 102 的电压就很快地增加到最大。

[0027] 最后,如所示那样,在大约 1.5ms 时,振荡器 102 开始振荡。一旦来自振荡器 102 的振荡信号的幅度达到预定量,该信号就被用作 AGC 环路 100 中数字电路的时钟信号。其启动计数器和数字逻辑电路块 112 中的纹波计数器。该纹波计数器转而触发累加/递减计数器以更新 DAC114。

[0028] DAC114 提供一输出,该输出通过第二比较器 118 与来自误差积分器 106 的输出进行比较。将来自第二比较器 118 的结果被反馈到计数器和逻辑电路块 112 中的数字逻辑电路,其结果被提供给 DAC114。DAC114 输入累加或递减并且调节其输出以至于其最后达到或基本等于误差积分器 106 的输出。DAC114 的输出因此固定并达到误差积分器 106 的输出,以至于当 AGC 环路 100 从模拟 AGC 环路切换到数字 AGC 环路时,振荡器 102 不会在驱动信号方面经历巨大的变化。

[0029] 在指定数量的振荡周期之后,振荡器 102 已经达到稳态。纹波计数器确定预定数量的周期已经出现的时间,然后将误差积分器 106 的输出从振荡器 104 断开,使用 MUX108 连接低通滤波过的 DAC114 输出。其出现在图 4 中的 1.7ms 和 1.8ms 之间。然后第一比较器 110 将峰值检测器 104 的输出与高和低参考电压进行比较。如果峰值检测器 114 的输出

漂移到参考电压窗口之外,那么第一比较器 110 使得计数器和逻辑电路块 112 中的累加/递减计数器以合适的方向进行计数。DAC114 将累加/递减计数器的输出转换为模拟控制电压,并且 LPF116 对该模拟电压进行低通滤波以最小化噪声。然后将滤波过的控制电压反馈到振荡器 102 以控制其幅度。

[0030] 如所述那样,在预定的时间量之后,AGC100 从模拟环路切换到数字环路(也就是,稳态操作被认为已经出现)。在一实施例中,计数器和逻辑电路块 12 内的纹波计数器被连接到振荡器 102 的输出并被用作计时器。在该情况下,纹波计数器的一个输出用于触发从模拟到数字的切换,同时另一下游输出被用于触发在计数器和逻辑电路块 12 中的逻辑电路以检测稳态中振荡的幅度。可替换地,已经处于稳态的第二振荡器可被用于确定该时间。

[0031] 在通过使用大量的振荡器测量响应并且设想最坏情况之后,可按实验设置该时间。在该情况中,为比较目的而可以将实验结果存储在逻辑电路中或别处。该时间也取决于晶体的频率。例如,如图 4 所示那样,对于操作在 20MHz 上的晶体而言可以采用 1ms,或者对于操作在 4MHz 上的晶体而言可以 5ms。相应地,对于操作在 20MHz 的晶体而言,纹波计数器可以促使逻辑电路块 112 以每 10ms 来检测稳态中的振荡幅度。

[0032] 可替换地,胜过使用从功率最初被提供给振荡器 102 时开始的预定的时间量,振荡器 102 的振荡幅度可以被监控并被用于在模拟和数字环路之间切换。随着振荡器 102 的启动并且在其达到稳态之前(例如,在切换到数字环路之前),一些过冲和振铃可能出现。所述过冲和振铃取决于环路稳定性。所以当振荡器 102 的幅度已经稳定并且落入特定窗口内持续一指定时期时,可以切换环路。

[0033] 尽管电源被调整,但是可以使用未调整的电源或者调整的电源可能漂移。上述实施例也允许补偿电源的幅度。

[0034] 图 5 是当图 1 所示 AGC 环路处于数字模式时,相位噪声对比振荡器输出的图形。该图形示出了数字环路的性能,其基本上优于相应的模拟环路的噪声性能。如所观察到的,在与载波频率相距 1kHz、10kHz、和 100kHz 偏移量上,噪声分别是载波幅度以下的 -125dB、-150dB 和 -171dB。

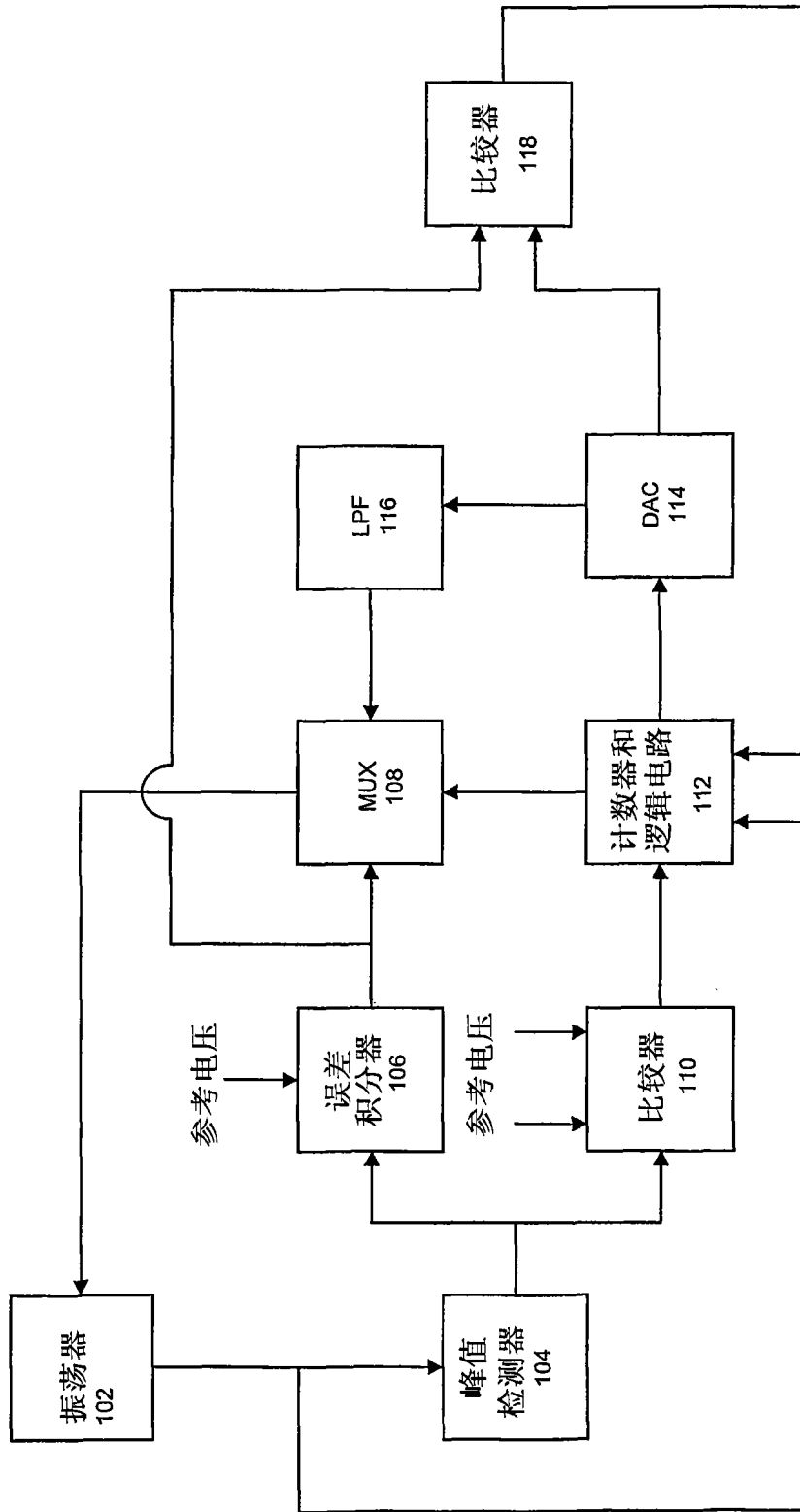
[0035] 所以,通过组合模拟 AGC 环路和数字控制环路的元件,提供一种具有最小启动时间的低噪声参考振荡器。通过首先利用模拟 AGC 环路来初始化振荡器的幅度,以最小化启动时间。在振荡器的幅度已经稳定持续预定的时间量之后,将 AGC 环路从启动模式期间的模拟控制切换到稳态模式中数字控制以提供较低的噪声控制。因此,提供一种具有快速启动时间和稳态操作低噪声的频率源。该频率源另外能够补偿晶体间的变化和单个晶体的温度变化。所述结构或实施例也可以用于提供较慢的启动时间或稳态操作中的较高噪声。

[0036] 尽管已经描述了其中在启动时使用模拟 AGC 环路和在稳态操作中使用数字 AGC 环路的混合 AGC,但是如果被期望的话,混合 AGC 环路 100 能够如所期望的那样在模拟和数字 AGC 环路之间切换。所以,例如可以在稳态模式中使用模拟 AGC 环路。此外,任一期望的标准可以被使用以在模拟和数字 AGC 环路之间进行切换。

[0037] 注意的是,说明书和附图被视为说明性的而非限制性的理解,并且所有所述修改被确定包含在本发明的范围内。如在此所使用的那样,术语“包括”,“包含”或其任一其它变形意指覆盖非排除性的包括,以使得一种包括一系列元件的过程、方法、物品或装置不是仅包括那些元件,而是可以包括没有清楚地列出的或者为所述处理、方法、物品或装置固有的

其它元件。

[0038] 所以,其意思是:先前的详细描述被视为说明性的,而非限制性的,并且应该理解,包括所有等价物的以下权利要求被确定来定义本发明的精神和范围。先前描述中的一切并不是用于否认如所要求的发明范围或其任一等价物。



100

图1

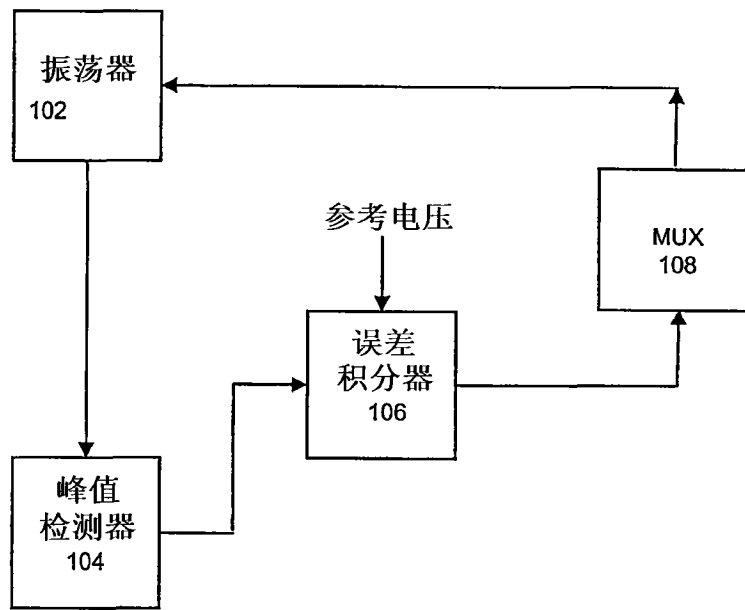
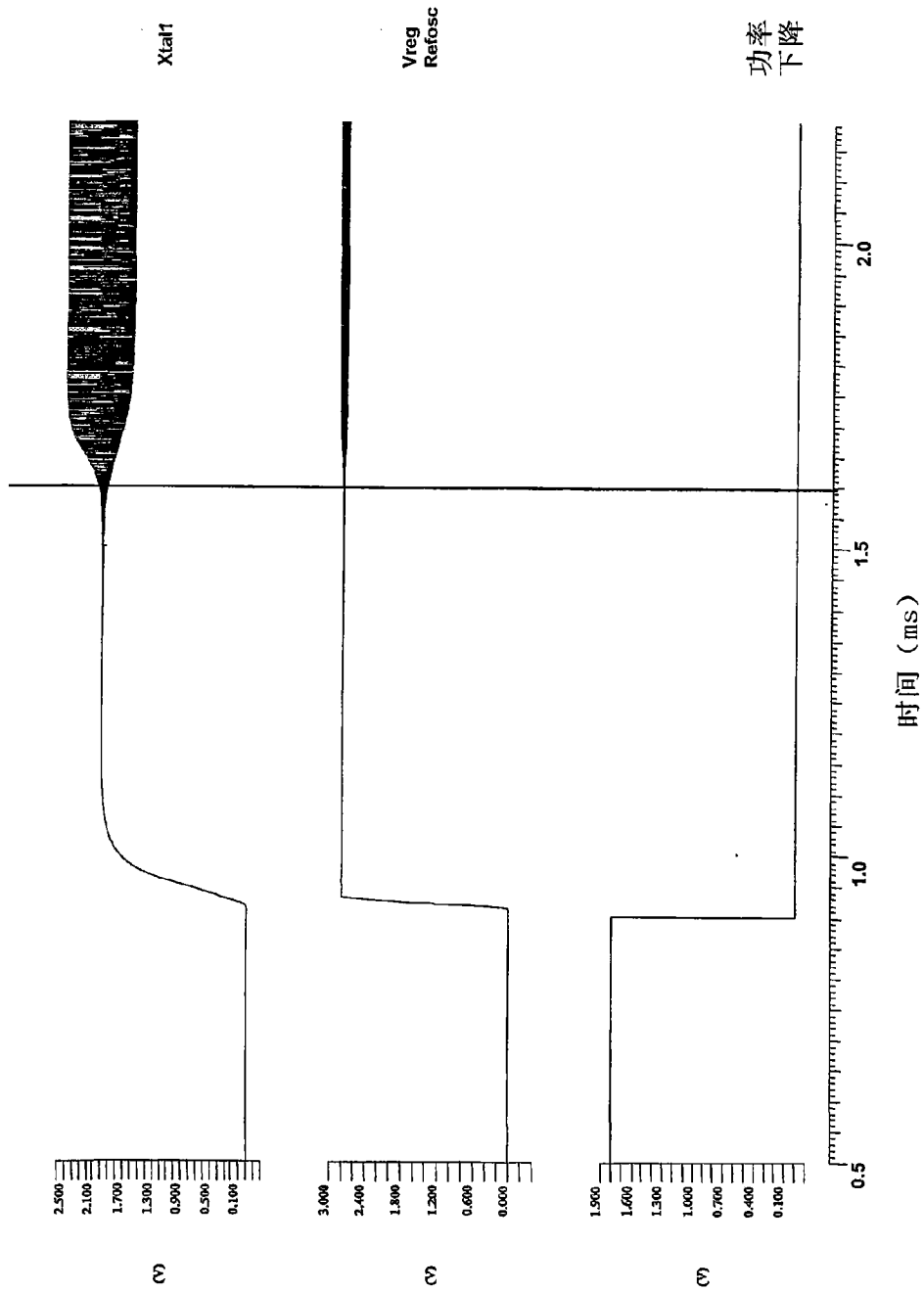


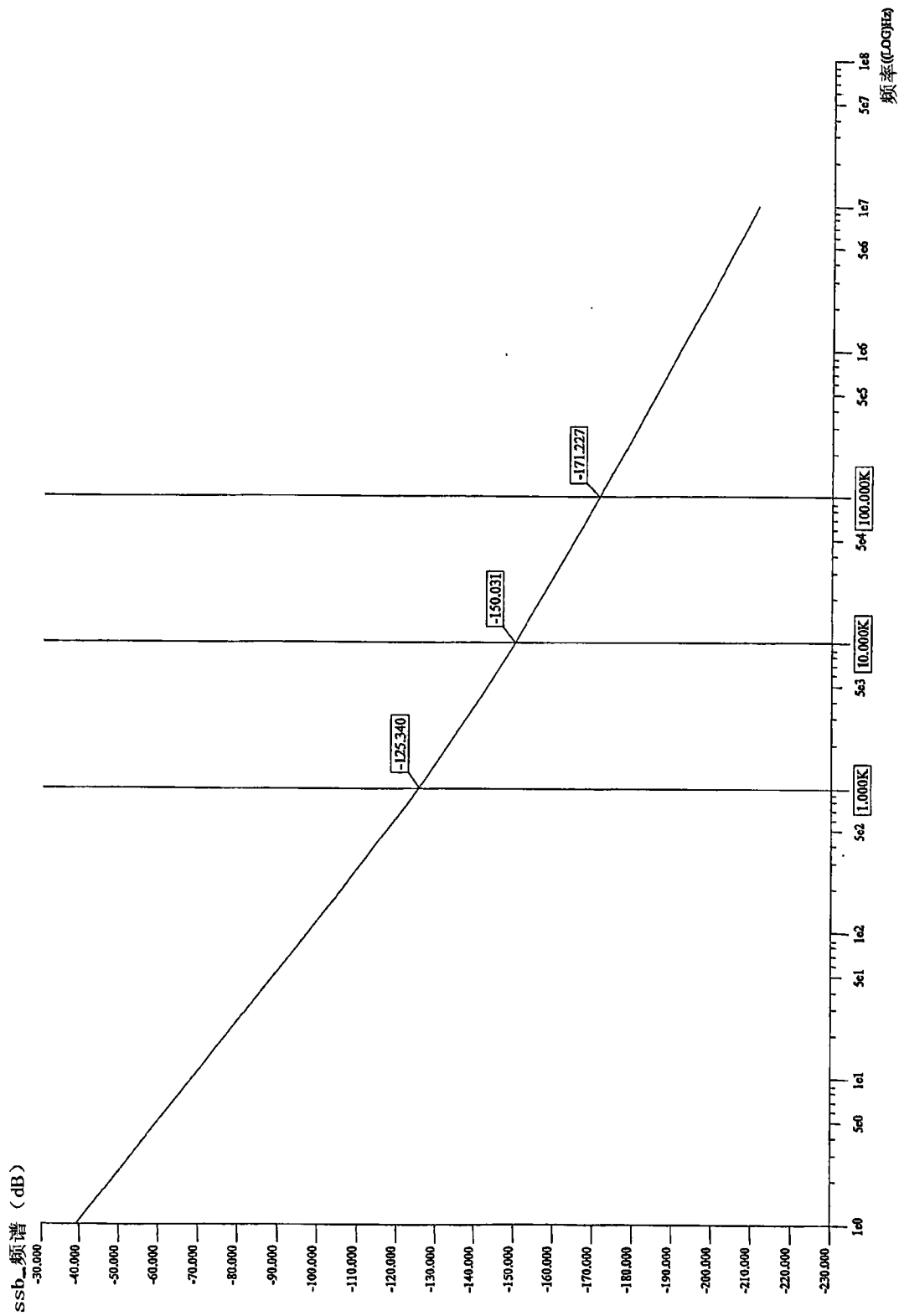
图2





参考振荡器启动时间

图4



单边带相位噪声对比频率

图5