

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H03L 7/099 (2006.01)

H03L 7/10 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03815326.2

[45] 授权公告日 2008 年 3 月 5 日

[11] 授权公告号 CN 100373776C

[22] 申请日 2003.6.24 [21] 申请号 03815326.2

[30] 优先权

[32] 2002. 6. 28 [33] DE [31] 10229130.6

[32] 2003. 2. 7 [33] US [31] 10/361,086

[86] 国际申请 PCT/US2003/020808 2003.6.24

[87] 国际公布 WO2004/004126 英 2004.1.8

[85] 进入国家阶段日期 2004.12.28

[73] 专利权人 先进微装置公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 R·耶内 W·克卢格 T·里德尔

[56] 参考文献

US6211742B1 2001.4.3

JP20004156A 2000.1.7

审查员 陶 玲

[74] 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

代理人 戈 泊 程 伟

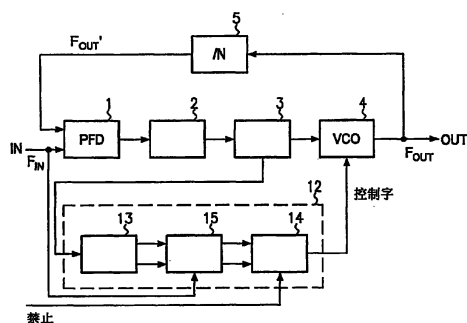
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 4 页

[54] 发明名称

具有自动频率调整的锁相回路

[57] 摘要

本发明提供一种可自动设定电压控制振荡器(4)的适当的工作模式的锁相回路(PLL)频率合成器。该电压控制振荡器(4)可在复数个工作模式中工作,其中每一工作模式界定了该电压控制振荡器的不同工作频率范围。由该 PLL 频率合成器的相位/频率侦测器(1)根据所侦测到的误差信号而选择该适当的工作模式。如果该误差信号超过或低于预定的误差电压的上限或下限,则使用范围比较器(13)切换到相邻的工作模式。



1. 一种锁相回路频率合成器，包含：

电压控制振荡器，该电压控制振荡器可在复数个工作模式中工作，其中每一工作模式界定了该电压控制振荡器的不同工作频率范围；

相位 / 频率侦测器，用以根据频率输入信号和锁相回路反馈信号而产生误差信号；以及

工作模式决定单元，用以根据所侦测到的误差信号而决定该电压控制振荡器的其中一个工作模式，

其中该工作模式决定单元包含用来界定误差电压上限及下限的范围比较器，用以切换到相邻的工作模式，以及

该工作模式决定单元进一步包含延迟计数器，通过将自该范围比较器输出的切换信号延迟预定数目的时钟周期来延迟各相邻的工作模式间的切换，其中当该范围比较器输出指示要在所施加的该延迟周期内保持现有的工作模式时，复位该延迟计数器的计数值。

2. 如权利要求 1 的锁相回路频率合成器，其中相邻的工作模式的工作频率范围以各别频率范围的预定部分重叠。

3. 如权利要求 2 的锁相回路频率合成器，其中该重叠对应于该工作频率范围的大约一半。

4. 如权利要求 1 的锁相回路频率合成器，其中在切换到新的工作模式之后，复位该延迟计数器的计数值。

5. 如权利要求 1 的锁相回路频率合成器，其中将该延迟的切换信号提供至上/下数计数器，该上/下数计数器的输出切换该电压控制振荡器的操作模式。

6. 如权利要求 1 的锁相回路频率合成器，其中将该电压控制振荡器的该调整电压供应到该工作模式决定单元。

7. 如权利要求 6 的锁相回路频率合成器，进一步包含回路滤波器，用以将该电压控制振荡器的该调整电压滤波，其中从该回路滤波器内

取得供应到该工作模式决定单元的该信号。

8. 一种控制锁相回路频率合成器中的电压控制振荡器的操作的方法，该电压控制振荡器可在复数个工作模式中工作，其中每一工作模式界定了该电压控制振荡器的不同工作频率范围，该方法包含下列步骤：

根据频率输入信号与锁相回路反馈信号间的误差信号而决定该电压控制振荡器的一个工作模式，

其中该决定步骤将该误差信号与预定的误差电压上限及下限比较，以便在当该误差信号超过或低于该误差电压上限或下限时，切换到相邻的工作模式，

其中通过将该误差电压与该误差电压上限及下限比较而得到的用来切换到相邻工作模式的切换信号被延迟了预定的时间周期，以及

其中如果后续的比较结果指示在该预定的延迟周期内要保持现有的工作模式，则删除用来选择相邻的工作模式的延迟的切换信号。

具有自动频率调整的锁相回路

技术领域

本发明大致涉及一种具有所选择工作模式的自动调整的锁相回路频率合成器。

背景技术

锁相回路 (Phase Locked Loop; 简称 PLL) 频率合成器是一种产生特定频率的输出信号的电路, 且该特定频率与输入信号之间有固定的相位关系。图 1 的方块图中示出了 PLL 频率合成器的一般配置。该 PLL 频率合成器包含相位 / 频率侦测器 (Phase/Frequency Detector; 简称 PFD) 1、低通滤波器 3 以及电压控制振荡器 (Voltage Controlled Oscillator; 简称 VCO) 4。将输入信号 F_{IN} 供应到相位 / 频率侦测器 1, 并将 VCO 4 的输出信号 F_{OUT} 反馈到相位 / 频率侦测器 1。相位 / 频率侦测器 1 将该输入信号 F_{IN} 的相位与该反馈信号 F_{OUT} 的相位比较。如果这两个信号彼此不同, 则该相位 / 频率侦测器输出用来指示差异大小的误差信号。该误差信号控制 VCO 4, 使相位 / 频率侦测器 1 的两个输入信号 (F_{IN} 、 F_{OUT}) 的频率最后会相符。当相位差低于特定误差值时, 该 VCO 的输出信号 (F_{OUT}) 将耦合到该输入信号 (F_{IN}) 的相位。

VCO 输出信号 F_{OUT} 的所需频率是该输入信号 F_{IN} 的频率。采用反馈除法器 5 时, 该输出信号 F_{OUT} 的输出频率可以是该输入信号 F_{IN} 的频率的倍数。上述的 PLL 频率合成器代表了使用 $N = 1$ 的除法值的特定例子。

由于该锁相回路中反馈路径的效应, 所以 VCO 输出信号 F_{OUT} 与该输入信号 F_{IN} 之间有固定的相位关系。将在最小的相位补偿下, 使该输入及输出信号的相位同步。

在许多情形中, 使用电荷泵 2, 以便根据自相位 / 频率侦测器 1 输出的误差信号而产生 VCO 4 的调整电压。使用连接于该电荷泵与 VCO 4 间的回路滤波器 3 来消除 VCO 调整电压的高频成分。

对于低噪声的 PLL 应用而言, VCO 频率控制特性的回路增益是决定性参数中的其中一种。为了获得低的 VCO 相位噪声, 该 PLL 频率合成器应具有相对较低的增益。为了降低相位噪声, 经常通过将总工作频率范围分布到复数个工作频率范围方式, 设计 VCO。此种 VCO 可使用相对较小的 VCO 增益以及相对较小的输入电压范围, 而可靠地在较宽范围的输出频率上工作。该 VCO 使用特定的工作曲线, 而在复数个工作模式的一种工作模式之中工作, 以便响应该 VCO 输入电压而产生输出频率。为了获得所需的 PLL 操作, 必须以接近该所需 PLL 输出频率的工作模式的中心频率来选择该 VCO 的工作曲线。

图 3 中示出了 VCO 的一组可能的工作曲线。每一工作曲线都具有低的增益, 且通过自 V_{MIN} 至 V_{MAX} 的相同输入电压范围操作每一工作曲线。每次通过施加到该 VCO 的特定数字控制字来选择其中一个工作曲线 S。

在传统上, 在开启该 PLL 电源时, 选择具有适当的中心频率的工作曲线。在正常的 PLL 操作期间, 将该回路滤波器电压施加到该 VCO。

在自动选择适当的工作曲线的程序期间, 并不供应该回路滤波器电压, 而是将基准电压 V_{REF} 施加到该 VCO 的输入端。该基准电压 V_{REF} 最好是该 VCO 被指定要工作的输入电压范围的标称中心。如图 2 所示, 图中示出了对应的 PLL 频率合成器的配置, 其中开关 7 及 8 相应地开启及闭合。

通过从自我校准电路 6 供应的控制字来选择该工作曲线。自我校准电路 6 接收 PLL 输入信号 F_{IN} 及 PLL 反馈信号 F_{OUT} 。自我校准电路 6 包含频率侦测器 9、数字累积器 10、以及状态机 11。该电路只有在打开电源期间工作, 以便通过将代码字提供给 VCO 4 而选择适当的工作曲线。

在自我校准期间, 通过递增该数字控制字直到频率侦测器 9 的量测结果指示已选择了该 VCO 的所需最佳工作模式的方式, 决定施加到 VCO 的数字控制字组。W. B. Wilson 等人在 2000 年 10 月出版的 IEEE 固态电路期刊 (IEEE Journal Of Solid-State Circuits) 第 35 卷, 第 10 册中发表的论文“CMOS 自对准频率合成器(A CMOS self-calibrating

frequency synthesizer)”中说明了此种锁相回路型频率合成器。

PLL 频率合成器(尤其是 VCO)仍然还有一些问题。其中一个问题是:只有在开启电源时才可自动选择适当的工作范围。在不中断频率合成操作的情形下,无法在操作期间对所需的输出频率作任何改变,也无法对较大的漂移或温度偏移作任何补偿。

发明内容

本发明提供了一种改进的 PLL 频率合成器,可自动调整适于所需输出频率的工作范围。

在一个实施例中,提供了一种 PLL 频率合成器,该 PLL 频率合成器包含电压控制振荡器、相位/频率侦测器、以及工作模式决定单元。该电压控制振荡器可在复数个工作模式中工作,其中每一工作模式界定了该电压控制振荡器的不同工作频率范围。该相位/频率侦测器根据频率输入信号和 PLL 反馈信号而产生误差信号。该工作模式决定单元根据所侦测到的误差信号而决定该电压控制振荡器的其中一个工作模式。该工作模式决定单元包含用来界定误差电压上限及下限的范围比较器,用以在误差值超过或低于所界定的该电压上限及下限时,切换到相邻的工作模式。

在进一步的实施例中,通过电压控制振荡器的调整电压的线性和可使用的工作范围,来决定工作频率范围。

在进一步的实施例中,范围比较器包含用来监视该误差电压上限及下限的两个比较器。

在进一步的实施例中,工作模式决定单元进一步包含上/下数计数器,用以通过产生要供应到该电压控制振荡器的数字控制字,而选择特定的工作模式。

在进一步的实施例中,上/下数计数器根据比较器输出而递增或递减该数字控制字。

在进一步的实施例中,将工作模式决定单元调整成可由外部输入信号将工作模式决定单元的操作设定为暂停。

在又一实施例中,提供了一种控制 PLL 频率合成器中的电压控制振荡器的操作的方法。该电压控制振荡器可在复数个工作模式中工作,

其中每一工作模式界定了该电压控制振荡器的不同工作频率范围。该方法根据频率输入信号与 PLL 反馈信号间的误差信号而决定该电压控制振荡器的一个工作模式。该决定步骤将该误差信号与预定的误差电压上限及下限比较,以便在该误差信号超过或低于该预定的误差电压上限或下限时,将现有的操作模式切换到相邻的工作模式。

在进一步的实施例,相邻的工作模式的工作频率范围以各别频率范围的预定部分重叠。

在进一步的实施例,重叠对应于工作频率范围的大约一半。

在进一步的实施例,由电压控制振荡器的调整电压的线性且可使用的工作范围决定工作频率范围。

在进一步的实施例,如果该误差信号超过该误差电压上限或低于该误差电压下限时,则递增或递减用来选择其中一个工作模式的数字控制字。

在进一步的实施例,通过将误差电压与误差电压上限及下限比较而得到的用来切换到相邻工作范围的切换信号被延迟了预定的时间周期。

在进一步的实施例,如果后续的比较结果指示在该预定的延迟期间要保持现有的工作模式,则删除用来选择相邻的工作模式的延迟的切换信号。

进一步的实施例是对后附权利要求的示范说明。

附图说明

各附图包含在本说明书,且构成本说明书的一部分,以便解说本发明的原理。并不将这些图式视为将本发明只限于所示出的以及说明的如何制作及使用本发明的一些例子。若参照前文中参照各附图而对本发明更详细的说明,将可易于了解进一步的特征及优点,这些附图有:

图 1 是传统的电荷泵锁相回路的方块图;

图 2 是其中包括电荷泵的自我校准锁相回路的方块图;

图 3 示出了图 2 中所示锁相回路的电压控制振荡器的一组可能的工作曲线;

图 4 是用来自动选择适当的振荡器工作曲线的电荷泵锁相回路实施例的方块图；

图 5 示出了可自动选择适当的振荡器工作曲线的电荷泵锁相回路的更详细的实施例；

图 6 示出了配合图 4 所示的电荷泵锁相回路而使用的回路滤波器的一个例子；以及

图 7 示出了用于图 4 所示的工作模式决定单元的范围比较器的一个例子。

具体实施方式

现在将参照各图式而说明本发明的实施例，而在这些图式中，以相同的代号来表示类似的组件及结构。

现在请参阅这些图式，尤其请参阅图 4，图 4 示出将在本文中说明的电荷泵锁相回路。在图 4 所示的配置中，相位 / 频率侦测器 1、电荷泵 2、回路滤波器 3、电压控制振荡器 4、以及 PLL 反馈除法器 5 大致类似于图 2 所示的电荷泵锁相回路的对应组件。此外，图 4 所示的该锁相回路包含工作模式决定单元 12，该单元可让该锁相回路频率合成器在开启电源期间或操作期间自动选择适当的工作曲线。回路滤波器 3 类似于图 2 中所示的回路滤波器 3，但不同之处在于：该回路滤波器提供要供应到工作模式决定单元 12 的控制信号。该工作模式决定单元输出控制字，以便选择 VCO 4 的一个工作曲线。

工作模式决定单元 12 包含范围比较器 13 及上/下数计数器 14。范围比较器 13 监视 VCO 调整电压，即，误差信号根据由向上或向下信号所得到的比较结果，而指示上/下数计数器 14 递增或递减数字代码字。上/下数计数器 14 的输出将 VCO 4 的工作模式 S 切换到相邻的工作模式，以便将该 VCO 的工作范围调整为所需的输出频率。

图 5 中示出了工作模式决定单元 12 的实施例的特定配置。在图 5 所示的锁相回路中，相位 / 频率侦测器 1、电荷泵 2、回路滤波器 3、电压控制振荡器 4、以及反馈除法器 5 类似于图 4 中所示的锁相回路的对应组件。图 5 所示的实施例与图 4 所示的锁相回路不同之处在于工作模式决定单元 12 的配置。在工作模式决定单元 12 的配置中，范围

比较器 13 及上/下数计数器 14 类似于前文中参照图 4 所述的那些组件，但不同之处在于有延迟计数器 15 连接于其间。延迟计数器 15 通过产生切换信号间的延迟，而使该 VCO 产生稳定的操作，即切换到相邻的工作模式，通过范围比较器和由上/下数计数器 14 进行切换到相邻的工作模式的操作。

延迟计数器 15 通过计算在将该向上或向下切换信号传送到上/下数计数器 14 之前的预定数目的时钟，而计算出该延迟。延迟计数器 15 最好是使用输入信号 F_{IN} 作为时钟信号。本领域技术人员应当了解，也可采用其它的时钟信号而有相同的效果，即，同样可提供预定的延迟。

若现在延迟了切换到相邻工作范围的指令，则在该延迟期间，该切换指令由范围比较器 13 的后续输出“否决”，因而复位延迟计数器 15，这意味着等候要被传送到上/下数计数器 14 的该切换指令被取消了。因此，可避免各相邻的工作模式间的短时间的切换，因而得到较稳定的 VCO 操作。

根据进一步的实施例，外部的“抑制 (disable)”信号可将上/下数计数器 14 的操作设定为暂停。

最好是将该 VCO 调整电压（即电荷泵 2 所提供的误差信号）供应到工作模式决定单元 12。根据一较佳的实施例，从回路滤波器 3 内取得供应到该工作模式决定单元的信号，以便对该 VCO 调整电压进行低通滤波。通过对供应到该工作模式决定单元的输入信号进行低通滤波，可使切换操作平顺，因而得到较稳定的 VCO 操作。

图 6 示出了可用于图 4 或图 5 所示的锁相回路频率合成器的回路滤波器 3 的例子。回路滤波器 3 尤其包含一对电容 16 及 17、以及电阻 18。范围比较器 13 包含连接于电阻 18 与电容 17 间的输入 19。在此种配置下，该工作模式决定单元接收平滑的输入信号。本领域技术人员应当了解，可实施用来平滑该工作模式决定单元的输入的任何其它装置。

图 7 显示了范围比较器 13 的实施例的特定例子。该范围比较器的目的在于：监视该 VCO 的调整电压，并在该 VCO 调整电压移到预定的电压设定值之上或之下时，以数字信号指示上/下数计数器 14。可利用不同的电阻值来调整该电压的“范围”。图 7 所示的比较器包含电阻

R1、R2、及 R3，用以创建分压器。该分压器界定该电压“范围”的电压上限及下限。减少 R2 的电阻值时，即可减少该范围的大小。较大的 R2 值将增加该范围的大小。将这些预定的电压分别连接到比较器 C1 及 C2。这些比较器的每一个将所接收的 VCO 调整电压与其中一个预定电压比较，并将“较高”或“较低”的结果输出到上/下数计数器 14，其中这些比较结果可通过前文所述的延迟计数器 15。

根据前文所述的各实施例，在低噪声 PLL 频率合成器中，可将 VCO 操作自动调整到所需的输出电压。在操作期间，根据 VCO 调整电压而自动选择适当的工作模式。

虽然已参照根据本发明而建构的具体实施例说明了本发明，但是本领域技术人员应当了解，在参照前文的揭示事项之后，可在不脱离本发明的精神及目标范围下，且在最后的权利要求的范围内，做出本发明的各种修改、变化、及改良。此外，本说明书中并未说明相信本领域普通技术人员所熟悉的那些领域，以避免非必要地模糊了本说明书中说明的本发明。因此，我们当了解，本发明并不限于这些特定的实施例，而是只受限于最后的权利要求的范围。

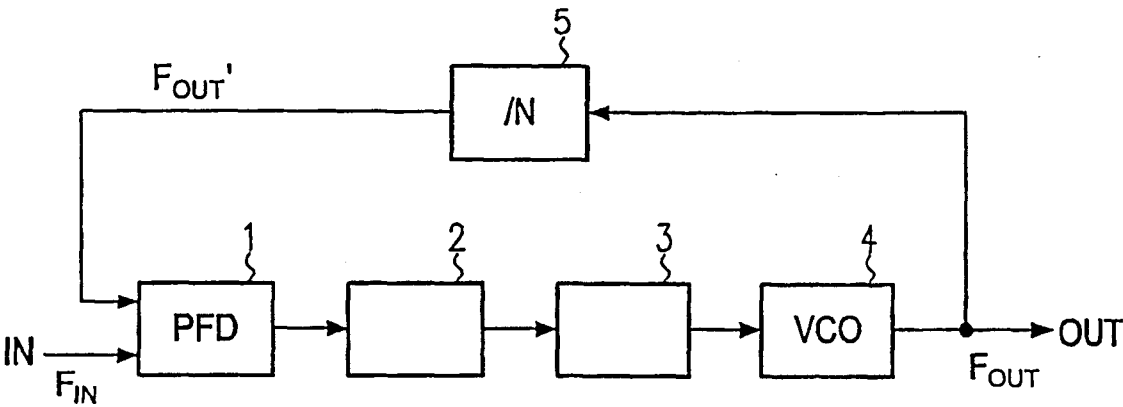


图 1

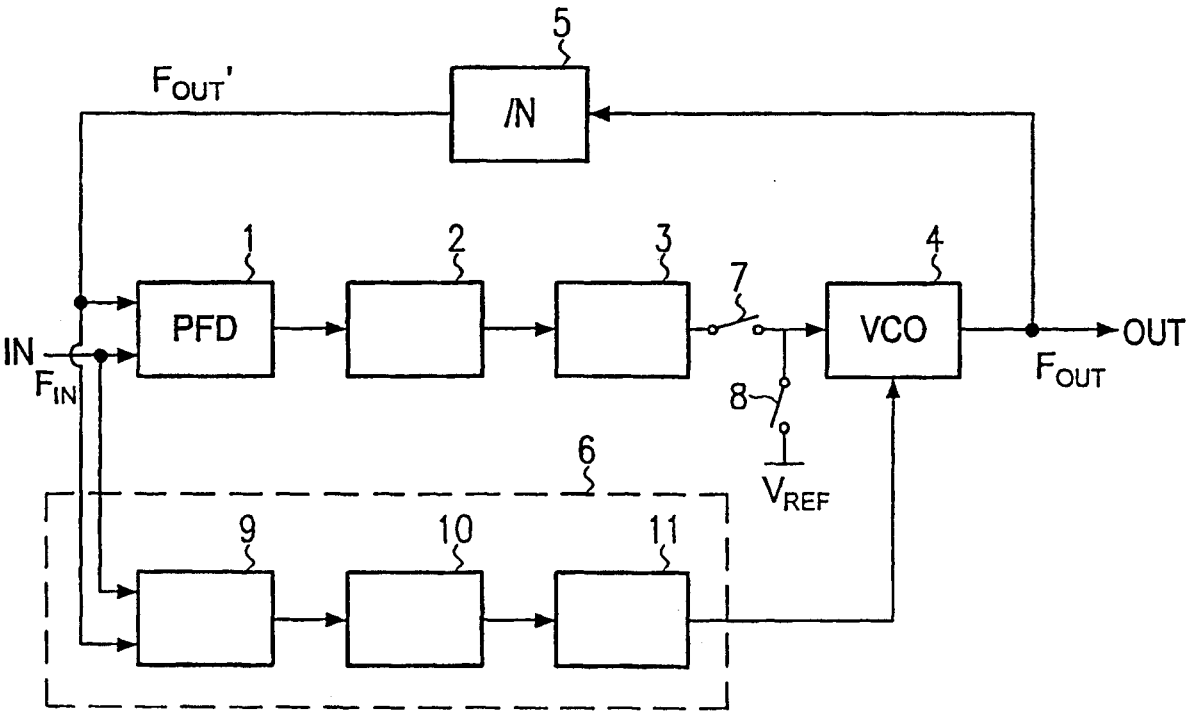


图 2

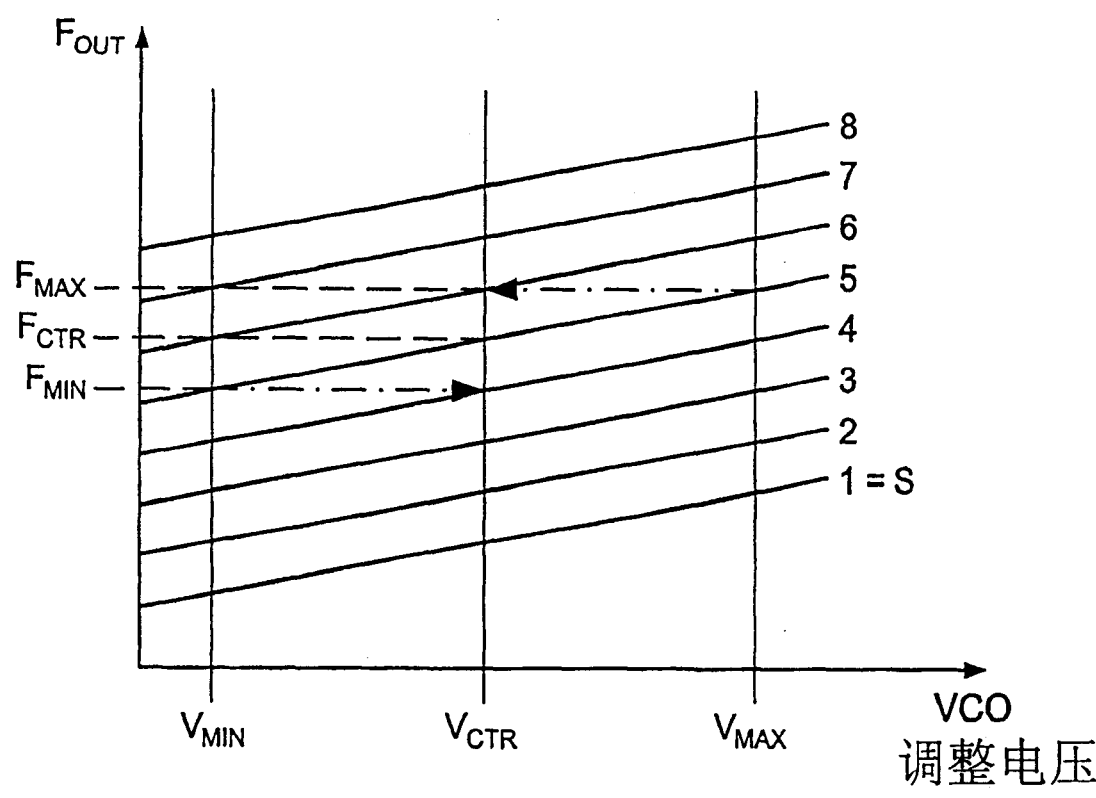


图 3

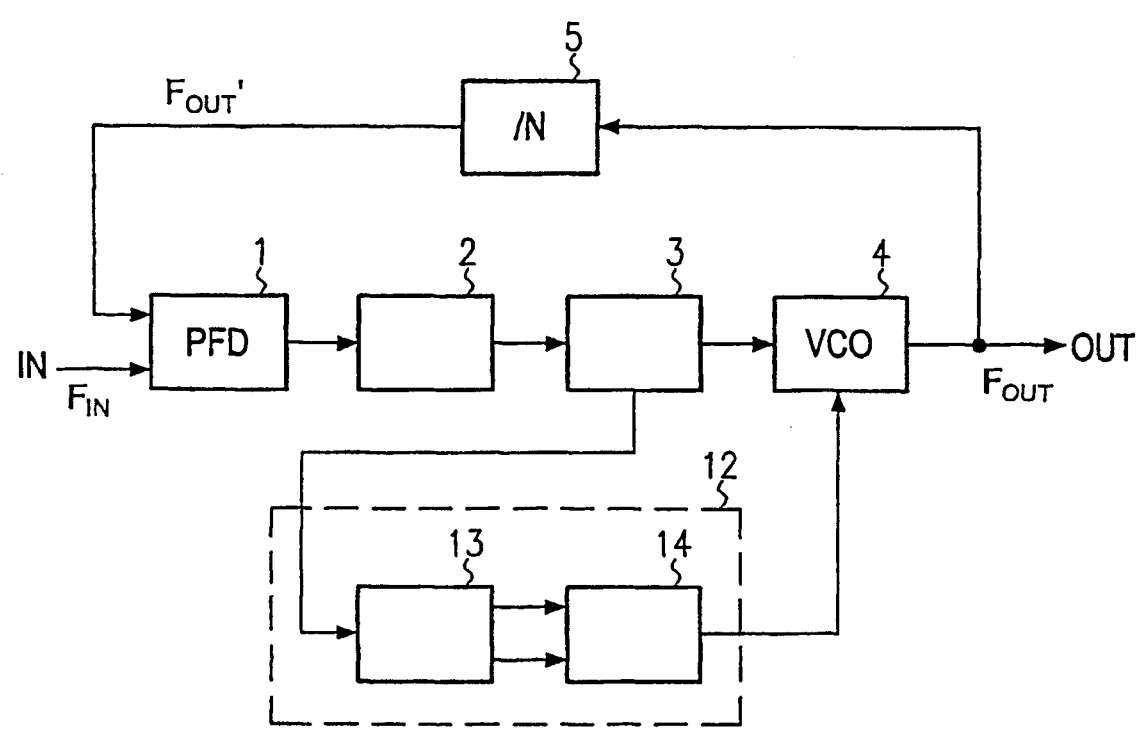


图 4

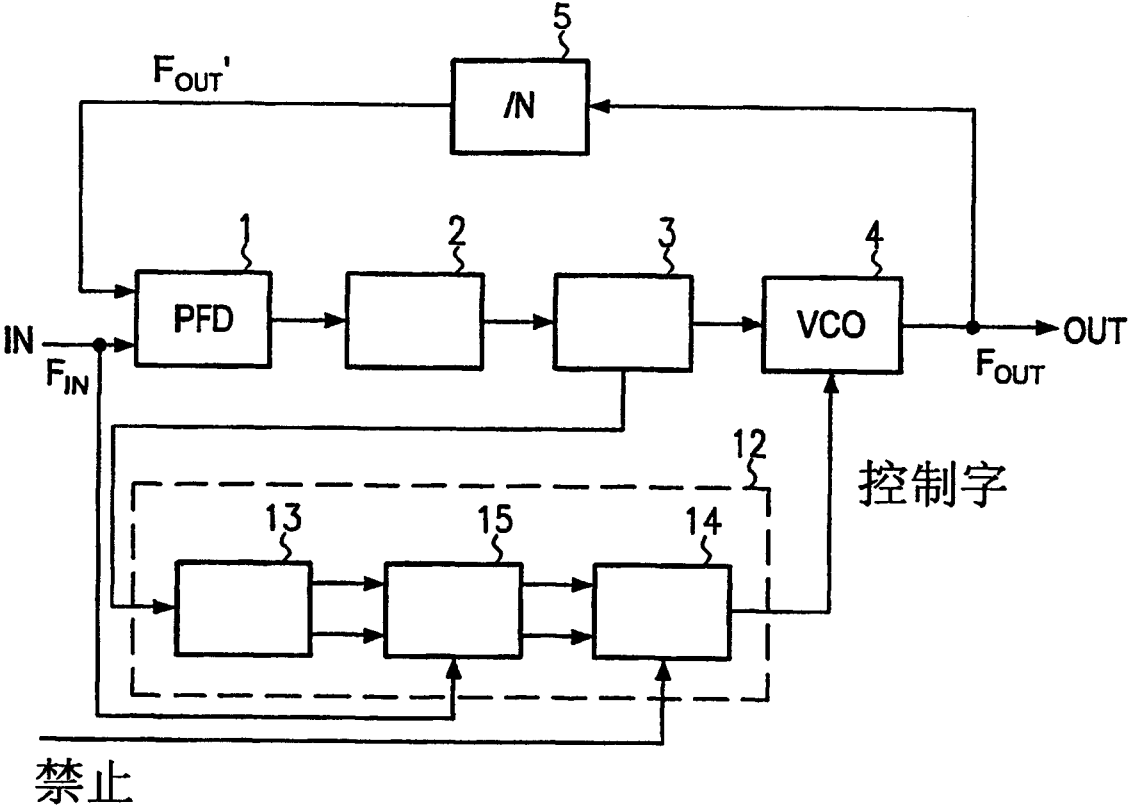


图 5

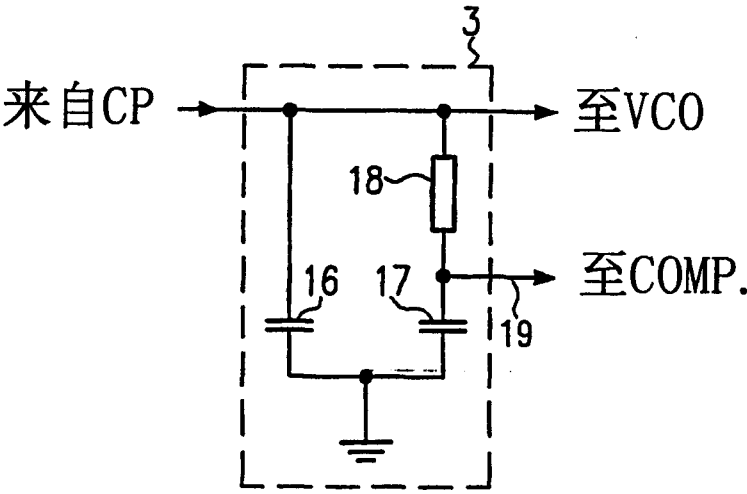


图 6

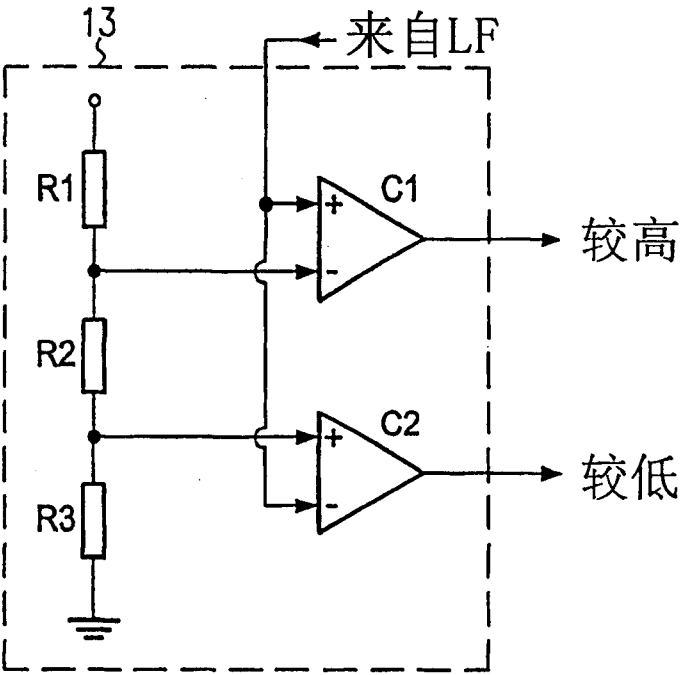


图 7