



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101939918 B

(45) 授权公告日 2013. 10. 23

(21) 申请号 200980104243. 7

(22) 申请日 2009. 01. 09

(30) 优先权数据

12/026, 205 2008. 02. 05 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 08. 05

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2009/030517 2009. 01. 09

(87) PCT申请的公布数据

W02009/099700 EN 2009. 08. 13

(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 任举祥 迈克·R·加勒德

罗伯特·S·琼斯三世

道格拉斯·A·加里蒂

(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 李佳 穆德骏

(51) Int. Cl.

H03M 1/40 (2006. 01)

H03M 1/12 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 5644313 A, 1997. 07. 01, 全文.

CN 1552125 A, 2004. 12. 01, 全文.

US 6489914 B1, 2002. 12. 03,

审查员 张坦

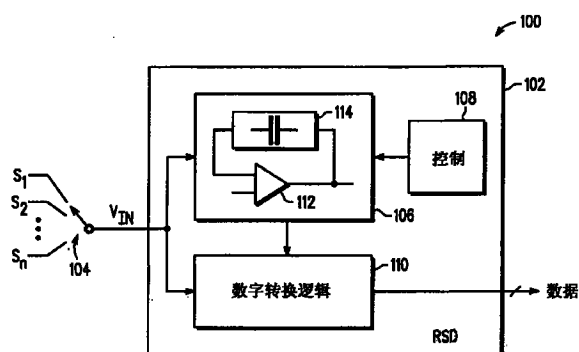
权利要求书4页 说明书14页 附图11页

(54) 发明名称

具有可变增益的模数转换器及其方法

(57) 摘要

一种模数转换器 (ADC) 设备 (100) 包括用于接收模拟信号 (V_{IN}) 的输入端子、模拟组件和控制逻辑 (108)。模拟组件包括具有输入和输出的放大器以及耦合到放大器的输入和输出的电容器网络。电容器网络包括多个电容器。控制逻辑被配置为, 在第一模式中, 将电容器网络和放大器配置为放大配置以按预定增益对模拟信号进行放大以生成放大模拟信号。控制逻辑进一步被配置为, 在第二模式中, 将电容器网络和放大器配置为使用放大模拟信号来生成一系列一个或多个残余电压。



1. 一种模数转换器 ADC 设备,包括:

第一输入端子,所述第一输入端子用于接收第一模拟信号;

第二输入端子,所述第二输入端子用于接收第二模拟信号;

模拟组件,所述模拟组件耦合到所述第一输入端子并且包括:

差分放大器,所述差分放大器包括第一输入、第二输入、第一输出和第二输出;以及

第一电容器网络,所述第一电容器网络耦合到所述差分放大器的所述第一输入和所述第一输出,所述第一电容器网络包括多个电容器;以及

第二电容器网络,所述第二电容器网络耦合到所述差分放大器的所述第二输入和所述第二输出,所述第二电容器网络包括多个电容器;

控制模块,所述控制模块被配置为:

在第一模式中,将所述第一电容器网络和所述差分放大器配置为放大配置,以按预定增益对所述第一模拟信号进行放大,从而生成第一放大模拟信号;

在第二模式中,将所述第一电容器网络和所述差分放大器配置为使用所述第一放大模拟信号来生成第一系列的一个或多个残余电压;

在所述第一模式中,将所述第二电容器网络和所述差分放大器配置为放大配置,以按所述预定增益对所述第二模拟信号进行放大,从而生成第二放大模拟信号;以及

在所述第二模式中,将所述第二电容器网络和所述差分放大器配置为使用所述第二放大模拟信号来生成第二系列的一个或多个残余电压。

2. 如权利要求 1 所述的 ADC 设备,进一步包括:

数字转换模块,所述数字转换模块耦合到所述模拟组件,所述数字转换模块被配置为基于所述第一系列的一个或多个残余电压来生成数字值。

3. 如权利要求 1 所述的 ADC 设备,其中,所述第一电容器网络包括:

第一可编程电容器,所述第一可编程电容器包括第一端子和第二端子,所述第一端子可耦合到所述第一输入端子且可耦合到所述差分放大器的所述第一输出,所述第二端子可耦合到所述差分放大器的所述第一输入且可耦合到电压基准;以及

第二可编程电容器,所述第二可编程电容器包括第一端子和第二端子,所述第一端子可耦合到所述第一输入端子且可耦合到所述电压基准,所述第二端子可耦合到所述差分放大器的所述第一输入且可耦合到所述电压基准。

4. 如权利要求 3 所述的 ADC 设备,其中,所述控制模块被配置为:

在所述第一模式中:

基于所述预定增益将所述第一可编程电容器配置为第一电容并且将所述第二可编程电容器配置为第二电容;

在第一相位处,配置所述电容器网络,以便将所述第一可编程电容器的所述第一端子和所述第二可编程电容器的所述第一端子耦合到所述第一输入端子以及将所述第一可编程电容器的所述第二端子和所述第二可编程电容器的所述第二端子耦合到所述电压基准;以及

在所述第一相位之后的第二相位处,配置所述电容器网络,以便将所述第一可编程电容器的所述第一端子耦合到所述差分放大器的所述第一输出并且将所述第一可编程电容器的所述第二端子耦合到所述差分放大器的所述第一输入以及将所述第二可编程电容器

的所述第一端子耦合到所述电压基准并且将所述第二可编程电容器的所述第二端子耦合到所述差分放大器的所述第一输入。

5. 如权利要求 4 所述的 ADC 设备,其中,所述控制模块被配置为:

在所述第二模式中,将所述第一可编程电容器配置为第三电容并且将所述第二可编程电容器配置为所述第三电容。

6. 如权利要求 1 所述的 ADC 设备,其中,所述第一电容器网络包括:

第一电容器,所述第一电容器包括第一端子和第二端子,所述第一端子可耦合到所述第一输入端子且可耦合到电压基准,所述第二端子可耦合到所述差分放大器的所述第一输入且可耦合到所述电压基准;

第二电容器,所述第二电容器包括第一端子和第二端子,所述第一端子可耦合到所述第一输入端子且可耦合到所述差分放大器的所述第一输出,所述第二端子可耦合到所述差分放大器的所述第一输入且可耦合到所述电压基准;

第三电容器,所述第三电容器包括第一端子和第二端子,所述第一端子可耦合到所述差分放大器的所述第一输出且可耦合到所述电压基准,所述第二端子可耦合到所述差分放大器的所述第一输入且可耦合到所述电压基准;以及

第四电容器,所述第四电容器包括第一端子和第二端子,所述第一端子可耦合到所述差分放大器的所述第一输出且可耦合到所述电压基准,所述第二端子可耦合到所述差分放大器的所述第一输入且可耦合到所述电压基准。

7. 如权利要求 6 所述的 ADC 设备,其中,所述控制模块被配置为:

在所述第一模式的第一相位处:

将所述第一电容器的所述第一端子和所述第二电容器的所述第一端子耦合到所述第一输入端子;以及

将所述第一电容器的所述第二端子和所述第二电容器的所述第二端子耦合到所述电压基准;

在所述第一相位之后的所述第一模式的第二相位处:

将所述第一电容器的所述第一端子耦合到所述电压基准;

将所述第二电容器的所述第一端子耦合到所述差分放大器的所述第一输出;以及

将所述第一电容器的所述第二端子和所述第二电容器的所述第二端子耦合到所述差分放大器的所述第一输入。

8. 如权利要求 7 所述的 ADC 设备,其中,所述控制模块被配置为:

在所述第一模式的所述第二相位处:

将所述第三电容器的所述第一端子和所述第四电容器的所述第一端子耦合到所述差分放大器的所述第一输出;以及

将所述第三电容器的所述第二端子和所述第四电容器的所述第二端子耦合到所述电压基准;以及

在所述第二相位之后的所述第一模式的第三相位处:

将所述第三电容器的所述第一端子耦合到所述电压基准;

将所述第四电容器的所述第一端子耦合到所述差分放大器的所述第一输出;以及

将所述第三电容器的所述第二端子和所述第四电容器的所述第二端子耦合到所述差

分放大器的所述第一输入。

9. 如权利要求 1 所述的 ADC 设备,其中,所述第一模拟信号包括差分信号的第一信号分量,以及所述第二模拟信号包括所述差分信号的第二信号分量。

10. 如权利要求 1 所述的 ADC 设备,其中,所述第一模拟信号包括单端模拟信号,以及所述第二模拟信号包括电压基准。

11. 一种模数转换的方法,包括:

在模数转换器(ADC)的第一输入端子处接收第一模拟信号;

将所述 ADC 的第一电容器网络和差分放大器配置为按第一增益对所述第一模拟信号进行放大,以生成第一放大模拟信号;

将所述第一电容器网络和所述差分放大器配置为基于所述第一放大模拟信号生成第一系列的一个或多个残余电压;

基于所述第一系列的一个或多个残余电压,对于来自所述 ADC 的输出提供数字值,

进一步包括:

在所述 ADC 的所述第一输入端子处接收第二模拟信号;

将所述 ADC 的所述第一电容器网络和所述差分放大器配置为按第二增益对所述第二模拟信号进行放大,以生成第二放大模拟信号,所述第二增益不同于所述第一增益;

将所述第一电容器网络和所述差分放大器配置为基于所述第二放大模拟信号生成第二系列的一个或多个残余电压;

基于所述第二系列一个或多个残余电压,对于来自所述 ADC 的输出提供数字值。

12. 如权利要求 11 所述的方法,其中,将所述第一电容器网络和所述差分放大器配置为对所述第一模拟信号进行放大的步骤包括:

基于所述第一增益,将所述第一电容器网络的第一可编程电容器配置为具有第一电容以及将所述第一电容器网络的第二可编程电容器配置为具有第二电容;

在第一相位处:

将所述第一可编程电容器的第一端子和所述第二可编程电容器的第一端子耦合到所述第一输入端子;以及

将所述第一可编程电容器的第二端子和所述第二可编程电容器的第二端子耦合到电压基准;以及

在所述第一相位之后的第二相位处:

将所述第一可编程电容器的所述第一端子和所述第二可编程电容器的所述第二端子耦合到所述差分放大器的输入;

将所述第一可编程电容器的所述第二端子耦合到所述电压基准;以及

将所述第二可编程电容器的所述第一端子耦合到所述差分放大器的输出。

13. 如权利要求 12 所述的方法,其中,将所述第一电容器网络和所述差分放大器配置为基于所述第一放大模拟信号生成第一系列的一个或多个残余电压的步骤包括:

将所述第一可编程电容器和所述第二可编程电容器配置为每个具有第三电容。

14. 如权利要求 11 所述的方法,其中,将所述第一电容器网络和所述差分放大器配置为对所述第一模拟信号进行放大的步骤包括:

在第一模式的第一相位处:

将所述第一电容器网络的第一电容器的第一端子和所述第一电容器网络的第二电容器的第一端子耦合到所述第一输入端子 ; 以及

将所述第一电容器的第二端子和所述第二电容器的第二端子耦合到电压基准 ;

在所述第一相位之后的所述第一模式的第二相位处 :

将所述第一电容器的所述第一端子耦合到所述电压基准 ;

将所述第二电容器的所述第一端子耦合到所述差分放大器的输出 ; 以及

将所述第一电容器的所述第二端子和所述第二电容器的所述第二端子耦合到所述差分放大器的输入。

15. 如权利要求 14 所述的方法, 其中, 将所述第一电容器网络和所述差分放大器配置为对所述第一模拟信号进行放大的步骤进一步包括 :

在所述第一模式的所述第二相位处 :

将所述第一电容器网络的第三电容器的第一端子和所述第一电容器网络的第四电容器的第一端子耦合到所述差分放大器的所述输出 ; 以及

将所述第三电容器的第二端子和所述第四电容器的第二端子耦合到所述电压基准 ; 以及

在所述第二相位之后的所述第一模式的第三相位处 :

将所述第三电容器的所述第一端子耦合到所述电压基准 ;

将所述第四电容器的所述第一端子耦合到所述差分放大器的所述输出 ; 以及

将所述第三电容器的所述第二端子和所述第四电容器的所述第二端子耦合到所述差分放大器的所述输入。

16. 如权利要求 11 所述的方法, 进一步包括 :

在所述 ADC 的第二输入端子处接收第二模拟信号 ;

将所述 ADC 的第二电容器网络和所述差分放大器配置为按所述第一增益对所述第二模拟信号进行放大, 以生成第二放大模拟信号 ;

将所述第二电容器网络和所述差分放大器配置为基于所述第二放大模拟信号生成第二系列的一个或多个残余电压 ; 以及

其中, 对于来自所述 ADC 的输出提供数字值的步骤包括 : 基于所述第一系列的一个或多个残余电压和所述第二系列的一个或多个残余电压对于输出提供数字值。

17. 如权利要求 16 所述的方法, 其中, 所述第一模拟信号包括差分信号的第一信号分量, 以及所述第二模拟信号包括所述差分信号的第二信号分量。

18. 如权利要求 16 所述的方法, 其中, 所述第一模拟信号包括单端模拟信号, 以及所述第二模拟信号包括电压基准。

具有可变增益的模数转换器及其方法

技术领域

[0001] 本公开一般地涉及一种模数转换,并且更具体而言,涉及基于冗余符号数位(RSD)的模数转换。

背景技术

[0002] 混合模拟和数字设备利用模数转换器(ADC)将模拟信号的电压转换为相应的数字值,以由设备的数字组件使用。基于冗余符号数位(RSD)的ADC常常在特定类型的系统中获得特别的益处,特别是在功率和空间非常珍贵的情况中。RSD ADC典型地通过一系列级将模拟信号转换为相应的数字值。在初始状态期间,输入模拟信号的电压与两个或更多个基准电压(例如 V_H 和 V_L)比较,并且这些比较的结果导致了关于初始级的码比特。包括放大器和一组电容器的模拟电路用于确定残余电压,并且对于第二级,利用残余电压重复与基准电压比较的过程以生成关于第二级的码比特。从前一级的残余电压计算残余电压并且比较得到的残余电压以生成码值的这个过程可以针对许多个级重复,直至达到适当的分辨率。RSD算法随后被应用于来自每个级的码值以生成表示模拟信号的数字值。

[0003] 在一些操作环境中,不同的模拟信号源可以利用相同的RSD ADC,但是可能在不同的电压电平下操作。为了说明,在汽车环境中,不同的传感器可能提供具有不同电压电平的传感器输出信号,用于转换为数字值,以由同一控制处理器处理。为了确保适当的转换,每个输入模拟信号典型地需要在转换之前被缩放到预定的电压电平。在常规的设备中,该缩放是在RSD ADC的输入之前通过增益电路实现的。该单独的增益电路使RSD ADC的设计和集成复杂化,并且增加其中实现RSD ADC的集成电路的尺寸和功耗。因此,一种用于缩放模拟信号以进行数字转换的改进的技术将是有利的。

发明内容

[0004] 根据本发明的一个方面,提供了一种模数转换器ADC设备,包括:第一输入端子,所述第一输入端子用于接收第一模拟信号;第二输入端子,所述第二输入端子用于接收第二模拟信号;模拟组件,所述模拟组件耦合到所述第一输入端子并且包括:差分放大器,所述差分放大器包括第一输入、第二输入、第一输出和第二输出;以及第一电容器网络,所述第一电容器网络耦合到所述差分放大器的所述第一输入和所述第一输出,所述第一电容器网络包括多个电容器;以及第二电容器网络,所述第二电容器网络耦合到所述差分放大器的所述第二输入和所述第二输出,所述第二电容器网络包括多个电容器;控制模块,所述控制模块被配置为:在第一模式中,将所述第一电容器网络和所述差分放大器配置为放大配置,以按预定增益对所述第一模拟信号进行放大,从而生成第一放大模拟信号;在第二模式中,将所述第一电容器网络和所述差分放大器配置为使用所述第一放大模拟信号来生成第一系列的一个或多个残余电压;在所述第一模式中,将所述第二电容器网络和所述差分放大器配置为放大配置,以按所述预定增益对所述第二模拟信号进行放大,从而生成第二放大模拟信号;以及在所述第二模式中,将所述第二电容器网络和所述差分放大器配置为使

用所述第二放大模拟信号来生成第二系列的一个或多个残余电压。

[0005] 根据本发明的另一个方面,提供了一种模数转换的方法,包括:在模数转换器(ADC)的第一输入端子处接收第一模拟信号;将所述ADC的第一电容器网络和差分放大器配置为按第一增益对所述第一模拟信号进行放大,以生成第一放大模拟信号;将所述第一电容器网络和所述差分放大器配置为基于所述第一放大模拟信号生成第一系列的一个或多个残余电压;基于所述第一系列的一个或多个残余电压,对于来自所述ADC的输出提供数字值,进一步包括:在所述ADC的所述第一输入端子处接收第二模拟信号;将所述ADC的所述第一电容器网络和所述差分放大器配置为按第二增益对所述第二模拟信号进行放大,以生成第二放大模拟信号,所述第二增益不同于所述第一增益;将所述第一电容器网络和所述差分放大器配置为基于所述第二放大模拟信号生成第二系列的一个或多个残余电压;基于所述第二系列一个或多个残余电压,对于来自所述ADC的输出提供数字值。

附图说明

[0006] 通过参照附图可以更好地理解本公开,并且使得其许多特征和优点对于本领域的技术人员是明显的。不同的附图中的相同的附图标记的使用指示了相似或相同的事项。

[0007] 图1是图示根据本公开的至少一个实施例的利用集成可变增益级的示例性冗余符号数位(RSD)模数转换器(ADC)的示意图。

[0008] 图2是图示根据本公开的至少一个实施例的图1的RSD ADC的示例性操作的流程图。

[0009] 图3是图示根据本公开的至少一个实施例的利用多个电容器配置的图1的RSD ADC的示例性单端实现方案的示意图。

[0010] 图4是图示根据本公开的至少一个实施例的用于对输入模拟信号进行采样的图3的单端RSD ADC的第一电容器配置的电路图。

[0011] 图5是图示根据本公开的至少一个实施例的用于对图4的输入模拟信号进行放大并且用于对得到的放大模拟信号进行采样的图3的单端RSD ADC的第二电容器配置的电路图。

[0012] 图6是图示根据本公开的至少一个实施例的用于对图5的放大模拟信号进行放大并且用于对得到的放大模拟信号进行采样的图3的单端RSD ADC的第三电容器配置的电路图。

[0013] 图7是图示根据本公开的至少一个实施例的用于对图6的放大模拟信号进行放大并且用于对得到的放大模拟信号进行采样的图3的单端RSD ADC的第四电容器配置的电路图。

[0014] 图8是图示根据本公开的至少一个实施例的图3的单端RSD ADC的电容器网络的示例性实现方案的电路图。

[0015] 图9是图示根据本公开的至少一个实施例的利用多个电容器配置的图1的RSD ADC的示例性的基于差分信号传送的实现方案的示意图。

[0016] 图10是图示根据本公开的至少一个实施例的用于对输入模拟信号进行采样的图9的基于差分信号传送的RSD ADC的第一电容器配置的电路图。

[0017] 图11是图示根据本公开的至少一个实施例的用于对图10的输入模拟信号进行放

大并且用于对得到的放大模拟信号进行采样的图 9 的基于差分信号传送的 RSD ADC 的第二电容器配置的电路图。

[0018] 图 12 是图示根据本公开的至少一个实施例的用于对图 11 的放大模拟信号进行放大并且用于对得到的放大模拟信号进行采样的图 9 的基于差分信号传送的 RSD ADC 的第三电容器配置的电路图。

[0019] 图 13 是图示根据本公开的至少一个实施例的用于对单端输入模拟信号进行采样的图 9 的基于差分信号传送的 RSD ADC 的第四电容器配置的电路图。

[0020] 图 14 是图示根据本公开的至少一个实施例的用于在不放大的情况下将图 13 的所采样的单端输入模拟信号转换为差分信号的图 9 的基于差分信号传送的 RSD ADC 的第五电容器配置的电路图。

[0021] 图 15 是图示根据本公开的至少一个实施例的用于通过放大将图 13 的所采样的单端输入模拟信号转换为差分信号的图 9 的基于差分信号传送的 RSD ADC 的第六电容器配置的电路图。

[0022] 图 16 是图示根据本公开的至少一个实施例的利用可编程电容器的图 1 的 RSD ADC 的示例性单端实现方案的示意图。

[0023] 图 17 是图示根据本公开的至少一个实施例的图 16 的单端 RSD ADC 的示例性操作的流程图。

具体实施方式

[0024] 根据本公开的一个方面,一种冗余符号数位(RSD)模数转换器(ADC)设备包括用于接收模拟信号的输入端子、模拟组件和控制逻辑。模拟组件包括具有输入和输出的放大器以及耦合到放大器的输入和输出的电容器网络。电容器网络包括多个电容器。控制逻辑被配置为,在第一模式中,将电容器网络和放大器配置为放大配置以按预定增益对模拟信号进行放大以生成放大模拟信号。控制逻辑进一步被配置为,在第二模式中,将电容器网络和放大器配置为 RSD 配置以使用放大模拟信号来生成一系列一个或多个残余电压。

[0025] 根据本公开的另一方面,一种方法包括:在 RSD ADC 的输入端子处接收模拟信号以及将 RSD ADC 的电容器网络和放大器配置为按预定增益对模拟信号进行放大以生成放大模拟信号。该方法进一步包括:将电容器网络和放大器配置为基于放大模拟信号来生成一系列一个或多个残余电压。该方法另外包括:基于一系列一个或多个残余电压对于来自 RSD ADC 的输出提供数字值。

[0026] 图 1-17 图示了用于使用冗余符号数位(RSD)模数转换器(ADC)将模拟信号转换为相应的数字值的示例性技术,该 RSD ADC 针对输入模拟信号使用集成可变增益级。RSD ADC 的模拟组件的放大器和电容器网络均被用于对输入模拟信号进行放大并且计算用于 RSD 转换的残余电压。在一个实施例中,电容器可以被布置为电容器配置序列以便递归地将输入模拟信号放大到预定的电压电平,并且一旦被放大,则电容器可以被重新配置以生成从放大模拟信号开始的一系列一个或多个 RSD 残余电压。在另一实施例中,具有可调节电容的可编程电容器可以被配置为特定的电容以便提供用于将输入模拟信号放大到预定电压电平的预定增益。可编程电容器随后可以被重新配置为其他电容,用于执行从放大模拟信号开始的 RSD 残余电压计算。与具有分开的前端增益电路的常规的 RSD ADC 实现方案相比

较, RSD ADC 的电容器和放大器的用于输入模拟信号的可变增益以及使用放大模拟信号用于 RSD 残余电压的这个双重使用可以减小 RSD ADC 的尺寸、复杂度和功耗。

[0027] 如这里使用的术语“电容器”指的是被配置为, 或者可配置为提供特定电容的一个或多个电容元件。为了说明, 电容器可以被实现为提供特定电容的单个电容元件, 或者被实现为并联、串联或者并联串联组合连接的电容元件网络, 以提供特定电容。电容器可以被实现为集成电容器(例如, 在集成电路的一个或多个层处实现的一个或多个电容结构)或者分立电容器。此外, 如这里更详细描述的, 电容器可以包括具有可调节电容的可编程电容器, 在美国专利 No. 5, 625, 361 中描述了其示例, 该专利的整体内容通过引用结合于此。

[0028] 为易于说明, 这里公开的技术是在示例性 RSD 实现方案的示例性背景下描述的, 由此使用单个 RSD 级递归地通过采样和放大循环序列, 使得在下一采样级期间在计算下一个残余电压时使用关于一个采样级的从 RSD 级输出的残余电压。在美国专利 No. 6, 535, 157 中描述了循环单级 RSD 实现方案的示例, 该专利的整体内容通过引用结合于此。在其他实施例中, 所公开的技术可以适于在具有两个或更多个 RSD 级的序列的 RSD 实现方案中使用, 其中由一个 RSD 级输出的残余电压被输入到下一 RSD 级。在美国专利 No. 5, 664, 313 中描述了多级 RSD 实现方案的示例, 该专利的整体内容通过引用结合于此。

[0029] 图 1 图示根据本公开的至少一个实施例的示例性模数(A/D)转换系统 100。A/D 转换系统 100 包括 RSD ADC102, RSD ADC102 包括用于从电压选择器 104 接收具有电压 V_{IN} 的模拟信号的输入端子以及用于提供表示电压 V_{IN} 的数字值(“DATA”)的输出。RSD ADC102 包括模拟组件 106、控制逻辑 108 和数字转换逻辑 110。模拟组件 106 包括具有放大器 112 的增益电路和具有多个电容器的电容器网络 114, 所述多个电容器可以被布置为如这里描述的许多配置, 所述增益电路和电容器网络 114 均用于放大输入模拟信号并且随后使用放大信号生成一系列残余电压。

[0030] 在至少一个实施例中, A/D 转换系统 100 是在如下环境中实现的, 由此待转换的模拟信号具有不同的电压电平。为了说明, A/D 转换系统 100 可以在汽车环境中实现, 以便将来自多种汽车传感器的输出信号转换为它们相应的数字值。因此, 电压选择器 104 接收作为输入的可以具有不同的电压电平的多个模拟信号($S_1 \cdots S_n$)并且选择模拟信号中的一个用于输入到 RSD ADC102。为了在模拟信号能够具有不同的电压电平时将模拟信号适当地转换为它们相应的值, RSD ADC102 将输入信号放大到公共电压电平并且随后将放大信号转换为相应的数字值。为了说明, 如果存在三个不同的电压电平, 例如, 1 伏、2 伏和 4 伏, 则 1 伏电平处的模拟信号可以按增益 4 放大, 而 2 伏电平处的模拟信号可以按增益 2 放大, 从而所有模拟信号均在 4 伏电平处处理。

[0031] 对于输入信号的初始放大, 控制逻辑 108 将放大器 112 和电容器网络 114 配置为一个或多个电容器配置的序列, 以便实现所期望的输入信号放大。控制逻辑 108 随后将放大器 112 和电容器网络 114 配置为 RSD 配置的序列用于从放大输入信号开始的冗余符号数位计算。下文参照图 3-8 描述了使用多个电容器配置的模拟组件 106 的示例性单端实现方案, 并且下文参照图 9-12 描述了基于差分信号的模拟组件 106 的实现方案。下文参照图 9 和 13-15 说明了配置用于通过或不通过同时放大来进行单端-差分转换的模拟组件 106 的示例性实现方案。下文参照图 16 和 17 描述了基于可编程电容器的模拟组件 106 的实现方案。

[0032] 对于每个 RSD 计算级, 数字转换逻辑 110 比较得到的电压 (在最初时, 放大模拟信号的电压, 以及随后, 残余电压) 以生成关于每个 RSD 计算级的码值。数字转换逻辑 110 随后根据 RSD 算法对准、同步和加总来自 RSD 计算级的码比特值以生成输出数字值 DATA。在所述美国专利 No. 5, 664, 313 中描述了从码比特生成数字值的过程的示例。

[0033] 图 2 图示了根据本公开的至少一个实施例的图 1 的 RSD ADC102 进行的具有电压 V_{IN} 的模拟信号的示例性转换的方法 200。方法 200 包括放大模式 (框 202) 及其之后的 RSD 转换模式 (框 204)。框 202 的过程由框 206、208 和 210 表示。

[0034] 在框 202 中, 在 RSD ADC102 处接收输入模拟信号并且控制逻辑 108 确定输入模拟信号是否被配置为放大到更高的电压电平 (例如, 从 4 伏电平放大到 16 伏电平)。在框 206 中, 如果需要放大, 则控制逻辑 108 将电容器网络 114 配置为初始采样配置, 以便对输入模拟信号的电压 V_{IN} 进行采样。在框 208 中, 控制逻辑 108 将电容器网络 114 配置为放大配置, 以便使用从框 206 的采样过程得到的跨越电容器网络 114 的电容器电压来对电压 V_{IN} 进行放大。在一个实施例中, 放大配置的增益受到诸如电容器的相对电容的各种特性的限制, 并且因此电压 V_{IN} 在最初应用框 206 和 208 的过程之后可能未被充分放大。因此, 可以针对得到的放大电压重复一次或多次框 206 的过程, 直至到达电压 V_{IN} 的所期望的放大。为了说明, 假设输入模拟信号具有 4 伏的电压电平, RSD ADC102 被配置为转换 16 伏电平处的电压, 并且模拟组件 106 被配置为在每次迭代提供 2X 的增益。在该情况中, 需要 4X 的增益, 以将电压 V_{IN} 从 4 伏电平放大到 16 伏电平, 并且因此重复两次放大过程以实现 4X 增益。在首次通过框 206 和 208 的处理之后, 电压 V_{IN} 被放大到 $V_{amp1}=2 \times V_{IN}$ 。在第二次通过框 206 和 208 的处理之后, 放大电压 V_{amp1} 被放大到 $V_{amp2}=2 \times V_{amp1}=4 \times V_{IN}$ 。当在框 210 中已实现足够的增益时, 则方法 200 继续到框 204。

[0035] 在框 204 中, 控制逻辑 108 将电容器网络 114 配置为一系列 RSD 配置, 并且使用诸如前述美国专利 No. 5, 664, 313 和 No. 6, 535, 157 中描述的 RSD 转换过程的 RSD 转换过程, 放大电压经由模拟组件 106 和数字转换逻辑 110 被转换为数字值。得到的数字值随后可以由系统的数字组件进行适当的处理。

[0036] 图 3 图示了根据本公开的至少一个实施例的 RSD ADC 的示例性单端实现方案。图示的 RSD ADC302 (对应于图 1 的 RSD ADC102) 包括模拟组件 306、控制逻辑 308 和数字转换逻辑 310。模拟组件 306 包括放大器 312 和电容器网络 314, 该电容器网络 314 包括开关电路 320 和多个电容器, 诸如四个电容器 321、322、323 和 324 (被共同称为电容器 321-324)。开关电路 320 包括多个开关 (例如, 晶体管或传输门 (pass gate))、连接到放大器 312 的输入端子 (例如, 负 (-) 输入端子) 的端子和连接到放大器 312 的输出端子的端子。开关电路 320 进一步包括用于接收输入模拟信号 (V_{IN})、一个或多个基准电压 (例如, V_{REF+} 和 V_{REF-}) 以及多个开关控制信号 SW1-SWn。如这里更详细描述, 开关控制信号被路由到开关, 以便影响电容器 321-324 的各种配置。开关电路 320 进一步包括用于提供输出电压的输出, 由此根据 RSD ADC302 的操作的特定级, 输出电压包括电压 V_{IN} 、电压 V_{IN} 的放大形式或残余电压 (VR) 中的任一个。

[0037] 控制逻辑 308 包括用于接收一个或多个时钟信号 (CLK) 的输入和用于提供使能 (EN) 信号和开关控制信号 SW1-SWn 的输出。在至少一个实施例中, 控制逻辑 308 配置开关控制信号 SW1-SWn 和 EN 信号, 以便经由开关电路 320 来影响电容器 321-324 的各种配置以

及基于一个或多个时钟信号的相位来使能或禁止数字转换逻辑 310。

[0038] 数字转换逻辑 310 包括比较器 332 和 334 以及 RSD 加法器 336。比较器 332 包括用于接收来自开关电路 320 的输出电压的输入、用于接收第一基准电压(V_H)的输入和用于提供基于输出电压与第一基准电压的较的值的输出。比较器 334 包括用于接收开关电路 320 的输出电压的输入、用于接收第二基准电压(V_L)的输入和用于提供基于输出电压与第二基准电压的较的值的输出。RSD 加法器 336 包括输入和多个输出,所述输入用于接收来自比较器 332 和 334 的值,所述多个输出用于基于在用于将输入模拟信号转换为数字值而执行的相应的 RSD 级期间应用于比较器 332 和 334 输出的值的序列的对准、同步和加总过程来提供输出数字值(“DATA”)的相应位。此外,在一个实施例中,控制逻辑 308 接收来自比较器 332 和 334 的值并且基于来自比较器 332 和 334 的值生成三个信号(h、l 和 m),以便在 RSD 转换过程期间控制 V_{REF+} 和 V_{REF-} 的引入。比较器 332 和 334 以及 RSD 加法器 336 可以进一步包括用于接收来自控制逻辑 308 的 EN 信号的输入,由此当 EN 信号被置于禁止状态(例如,无效)时,使这些组件被禁止(例如,时钟门控或者从电源断开连接)。

[0039] 在至少一个实施例中,控制逻辑 308 实现了具有由图 3 的状态示意图 340 表示的操作的硬件状态机。在空闲状态 342 下,控制逻辑 308 将 EN 信号配置为禁止状态,由此使 RSD ADC302 的组件空闲。响应于接收到的将由 RSD ADC302 转换的输入模拟信号,状态机进入配置 / 采样状态 344。在配置 / 采样状态 344 下,控制逻辑 308 在初始地确定将输入模拟信号放大到由 RSD ADC302 使用的转换电压电平所需要的增益,并且基于所确定的增益,确定将输入模拟信号放大到转换电压电平所需要的放大级的数目。为了说明,如果需要 8X 的增益以将输入模拟信号转换到转换电压电平并且每个放大级提供 2X 增益,则将需要三个放大级的序列用于所期望的放大。

[0040] 当在从空闲状态 342 初始地进入配置 / 采样状态 344 时,控制逻辑 308 配置开关控制信号 SW1-SW_n,以便将电容器 321-324 配置为(下文描述的)由图 4 的级 1 图示的初始配置。状态机随后进入放大状态 346,由此级 1 的放大器 312 和电容器配置用于对输入模拟信号进行放大以生成放大模拟信号。如果该应用量是足够的,则状态机进入 RSD 转换状态 348,由此控制逻辑 308 配置开关控制信号 SW1-SW_n 以便将电容器 321-324 布置为 RSD 级配置序列,并且将 EN 信号配置为使能状态以便使能数字转换逻辑 310。模拟组件 306 和数字转换逻辑 310 随后基于从放大模拟信号确定的一系列残余电压进行操作,以将放大模拟信号的电压转换为相应的数字值。

[0041] 在转换之前需要另外的放大的情况下,状态机重新进入配置 / 采样状态 344。控制逻辑 308 配置开关控制信号 SW1-SW₅,以便将电容器 321-324 布置为由图 5 图示的配置。状态机随后进入放大状态 346,由此图 5 的放大器 312 和电容器配置用于对放大模拟信号进行放大以生成第二放大模拟信号。如果该放大量是足够的,则状态机使用第二放大模拟信号进入 RSD 转换状态 348。否则,如果需要另外的放大,则可以重复一次或多次在状态 344 和 346 下执行的配置和放大,以在进入 RSD 转换状态 348 之前实现所期望的放大电平。

[0042] 图 4-7 图示根据本公开的至少一个实施例的可以用于实现输入信号的特定放大的电容器配置序列。为易于说明,在图 3 的 RSD ADC302 的情况下描述电容器配置序列。图示配置是经由开关电路 320 的开关的配置实现的,但是出于清楚的目的从图 4-7 的图示配置中省略了开关。

[0043] 图 4 图示了在时钟信号(CLK)的第一周期的第一相位处的电容器 321 (C_1)和电容器 322 (C_2)的初始采样配置 400。电容器 321 的第一端子和电容器 322 的第一端子连接到输入模拟电压,以便接收电压 V_{IN} 。电容器 321 的第二端子和电容器 322 的第二端子连接到电压基准 V_{AG} ,其中 V_{AG} 表示模拟地电压基准。如图 4 所示,初始采样配置 400 导致了跨越电容器 321 和 322 中每个的电压 V_{IN} 。

[0044] 图 5 图示在时钟信号的第一周期的第二相位处的电容器 321(C_1)、电容器 322(C_2)、电容器 323 (C_3)和电容器 324 (C_4)的放大配置 500。电容器 321 的第一端子和第二端子分别连接到电压基准 V_{AG} 和放大器 312 的负输入端子。电容器 322 的第一端子和第二端子分别连接到放大器 312 的输出端子和负输入端子。放大器 312 的正输入端子连接到电压基准 V_{AG} 。电容器 323 的第一端子和电容器 324 的第一端子连接到放大器 312 的输出端子并且电容器 323 的第二端子和电容器 324 的第二端子连接到电压基准 V_{AG} 。

[0045] 对于放大配置 500,在电容器 321 和 322 没有明显放电的情况下经由开关电路 320 从图 4 的初始采样配置 400 重新配置电容器 321 和 322。在该配置中,将理解到放大器 312 的输出电压(VR_1)是 $2*V_{IN}$ 。此外,在该配置中,放大器 312 的输出将电荷驱动到电容器 323 和 324 中,从而使电容器 323 和 324 的第一端子和它们的第二端子之间的电压差等于 VR_1 或者 $2*V_{IN}$ 。在 $2X$ 放大是足够的情况下,模拟组件 306 被布置为 RSD 转换配置,并且可以使用 $2X$ 放大模拟信号(如跨越电容器 323 和 324 的端子的电压所表示的)来开始转换过程。

[0046] 另外,在时钟信号的第二周期的第一相位处,可以经由图 6 的放大配置 600 来实现另外的放大。在放大配置 600 中,电容器 323 的第一端子和第二端子分别连接到电压基准 V_{AG} 和放大器 312 的负输入端子。电容器 324 的第一端子和第二端子分别连接到放大器 312 的输出端子和负输入端子。放大器 312 的正输入端子连接到电压基准 V_{AG} 。电容器 321 的第一端子和电容器 322 的第一端子连接到放大器 312 的输出端子,而电容器 321 的第二端子和电容器 322 的第二端子连接到电压基准 V_{AG} 。因此,将意识到,在放大配置 500 与放大配置 600 之间,电容器 321 和电容器 323 有效地切换位置并且电容器 322 和电容器 324 有效地切换位置。

[0047] 对于放大配置 600,在电容器 323 和 324 没有明显放电的情况下,经由开关电路 320 从图 5 的放大配置 500 重新配置电容器 323 和 324。在该配置中,将意识到放大器 312 的输出电压(VR_2)是 $4*V_{IN}$ (即, $2*2*V_{IN}$)。此外,在该配置中,放大器 312 的输出将电荷驱动到电容器 321 和 322 中,从而使电容器 321 和 322 的第一端子与它们的第二端子之间的电压差等于 VR_2 或者 $4*V_{IN}$ 。在 $4X$ 放大是足够的情况下,控制逻辑 308 可以将模拟组件 306 配置为 RSD 级,并且可以使用放大器 312 的输出电压 VR_2 (如跨越电容器 321 和 322 的端子而呈现的)来开始 RSD 转换过程。

[0048] 另外,在时钟信号的第二周期的第二相位处,可以经由图 7 的放大配置 700 实现另外的放大。通过图 5 和图 6 的比较将意识到,放大配置 700 的电容器连接与放大配置 500 的电容器连接相同。然而,不同之处在于,对于放大配置 700,在电容器 321 和 322 没有明显放电的情况下经由开关电路 320 从图 6 的放大配置 600 重新配置电容器 321 和 322。因此,将意识到,在放大配置 600 和放大配置 700 之间,电容器 321 和电容器 323 切换位置并且电容器 322 和电容器 324 切换位置。在该配置中,将意识到放大器 312 的输出电压(VR_3)是 $8*V_{IN}$ (即, $2*4*V_{IN}$)。此外,放大器 312 的输出将电荷驱动到电容器 323 和 324 中,从而使

电容器 323 和 324 的第一端子与它们的第二端子之间的电压差等于 VR_3 或者 $8 \cdot V_{IN}$ 。在 $8X$ 放大是足够的情况下,控制逻辑 308 可以将模拟组件 306 配置为 RSD 级,并且可以使用放大器 312 的输出电压 VR_3 (如跨越电容器 321 和 322 的端子而呈现的) 来开始 RSD 转换过程。

[0049] 在需要大于 $8X$ (并且是 2 的幂) 的放大的情况下,可以执行在放大配置 600 与放大配置 700 之间交替的配置序列,直至实现所期望的放大。

[0050] 如图 4-7 所示,电容器 321-324 被布置为两对:电容器 321 和 322 作为一对,以及电容器 323 和 324 作为另一对。对于每个放大轮回(pass),第一对电容器被布置为放大配置而第二对被布置为采样配置。对于下一个放大轮回,第二对被重新布置为放大配置(它们存储的电荷没有明显放电)而第一对被重新布置为采样配置。对于随后的放大轮回,第一对再次被布置为放大配置(它们存储的电荷没有明显放电)而第二对被再次布置为采样配置,在放大迭代之间以此类推。因此,将意识到由此四个电容器 321-324 在放大级之间交换的放大迭代序列能够用于实现作为 2 的幂的多种增益中的任何增益,而无需较大的电容器网络或者复杂的放大电路,较大的电容器网络或者复杂的放大电路将需要相当大的空间以在集成电路中实现,并且不必要地消耗过多的功率。

[0051] 图 8 图示根据本公开的至少一个实施例的图 3 的 RSD ADC302 的示例性实现方案。开关电路 320 被实现为一组开关 801-819,该组开关 801-819 可以被实现为晶体管、传输门等。

[0052] 开关 801 包括用于接收输入模拟信号(V_{IN})的第一端子和第二端子,并且由开关控制信号 SW5 来控制。开关 802 包括连接到开关 801 的第二端子的第一端子和连接到放大器 312 的输出的第二端子,并且由开关控制信号 SW4 来控制。开关 803 包括连接到开关 801 的第二端子的第一端子和连接到比较器 332 和 334 的输入的第二端子,并且由开关控制信号 SW3 来控制。开关 804 包括连接到放大器 312 的输出的第一端子和连接到电容器 322 的第一端子的第二端子,并且由开关控制信号 SW2 来控制。开关 805 包括连接到开关 801 的第二端子的第一端子和连接到电容器 322 的第一端子的第二端子,并且由开关控制信号 SW1 来控制。开关 806 包括连接到开关 801 的第二端子的第一端子和连接到电容器 321 的第一端子的第二端子,并且由开关控制信号 SW1 来控制。开关 807 包括用于接收电压 V_{REF+} 的第一端子和连接到电容器 321 的第一端子的第二端子,并且由开关信号 h1 来控制。开关 808 包括用于接收电压 V_{REF-} 的第一端子和连接到电容器 321 的第一端子的第二端子,并且由开关控制信号 11 来控制。开关 809 包括连接到电容器 321 的第一端子的第一端子和连接到电压基准 V_{AG} 的第二端子,并且由开关控制信号 m1 来控制。开关 810 包括连接到电容器 321 的第二端子和电容器 322 的第二端子的第一端子以及连接到放大器 312 的负输入的第二端子,并且由开关控制信号 SW2 来控制。开关 811 包括连接到电容器 321 和 322 的第二端子的第一端子和连接到基准电压 V_{AG} 的第二端子,并且由开关控制信号 SW1 来控制。开关 812 包括连接到放大器 312 的输出的第一端子和连接到电容器 324 的第一端子的第二端子,并且由开关控制信号 SW2 来控制。开关 813 包括连接到放大器 312 的输出的第一端子和连接到电容器 323 的第一端子的第二端子,并且由开关控制信号 SW2 来控制。开关 814 包括连接到电容器 324 的第一端子的第一端子和连接到放大器 312 的输出的第二端子,并且由开关控制信号 SW1 来控制。开关 815 包括用于接收电压 V_{REF+} 的第一端子和连接到电容器 323 的第一端子的第二端子,并且由开关控制信号 h2 来控制。开关 816 包括用于接收电压

V_{REF-} 的第一端子和连接到电容器 323 的第一端子的第二端子,并且由开关控制信号 12 来控制。开关 817 包括连接到电容器 323 的第一端子的第一端子和连接到电压基准 V_{AG} 的第二端子,并且由开关控制信号 m2 来控制。开关 818 包括连接到电容器 323 的第二端子和电容器 324 的第二端子的第一端子和连接到放大器 312 的负输入的第二端子,并且由开关信号 SW1 控制。开关 819 包括连接到电容器 323 和 324 的第二端子的第一端子和连接到电压基准 V_{AG} 的第二端子,并且由开关信号 SW2 来控制。

[0053] 在所示出的示例中,控制逻辑 308 包括用于接收时钟信号 (CLK) 的输入、耦合到比较器 332 的输出的输入、耦合到比较器 334 的输出的输入、以及用于基于时钟信号和由比较器 332 和 334 输出的值提供开关控制信号 SW1-SW5、h1、h2、l1、l2、m1 和 m2 的输出。

[0054] 下面的表 1 图示由控制逻辑 308 设定的开关控制信号的各种状态,用于分别布置图 4 的初始采样配置以及图 5、6 和 7 的放大配置 500、600 和 700。对于表 1,假设值“0”和“1”分别将相应的开关设定为“开”(或者非导通)状态和“关”(或者导通)状态,并且“X”是“不关心”状态。

[0055] 表 1:关于用于转换前放大的开关控制信号的设定

配置	400 (图 4)	500 (图 5)	600 (图 6)
CLK	周期 1, 相位 1	周期 1, 相位 2	周期 2, 相位 1
SW1	1	0	1
SW2	0	1	0
SW3	0	0	0
SW4	0	X	1
SW5	1	0	0
h1	0	0	0
l1	0	0	0
m1	0	1	0
h2	X	0	0
l2	X	0	0
m2	X	0	1

[0057] 如表 1 所示,控制逻辑 308 可以基于 CLK 信号(图 3)的时钟周期的相位实现不同的配置。此外,如表 1 所示,开关控制信号 SW1 和开关控制信号 SW2 可以被实现为互补信号。

[0058] 下面的表 2 图示由控制逻辑 308 设定的开关控制信号的各种状态,用于布置用于转换放大输入信号的 RSD 配置。对于表 2,假设经由采样配置 400、放大 500 和放大配置 600 的序列实现的 4X 放大是所期望的增益,并且因此从放大配置 600 开始 RSD 配置。此外,对于表 2 仅图示最初的四个 RSD 周期,尽管将意识到,RSD 周期的总数可以取决于特定的实现方案的分辨率。在表 2 中,值“0”和“1”分别将相应的开关设定为“开”(或者非导通)状态和“关”(或者导通)状态,“X”是“不关心”状态,并且关于开关控制信号 h1、l1、m1、h2、l2 和 m2 的“D”指示相应的信号的状态取决于与 V_H 和 V_L 比较的正被分析的残余电压的电压(即,根据比较器 332 和 334 的输出值使残余电压偏移($V_R \pm V_{REF}$))。

[0059] 表 2:关于用于 RSD 转换的开关控制信号的设定

[0060]

CLK	周期 2, 相位 2	周期 3, 相位 1	周期 3, 相位 2	周期 4, 相位 1
SW1	0	1	0	1
SW2	1	0	1	0
SW3	1	1	1	1
SW4	1	1	1	1
SW5	0	0	0	0
h1	D	0	D	0
l1	D	0	D	0
m1	D	0	D	0
h2	0	D	0	D
l2	0	D	0	D
m2	0	D	0	D

[0061] 图9图示根据本公开的至少一个实施例的RSD ADC的示例性的基于差分信号传送的实现方案。图示的RSD ADC902(对应于图1的RSD ADC102)包括模拟组件906、控制逻辑908和数字转换逻辑(未示出)。模拟组件906包括差分放大器912和电容器网络914,该电容器网络914包括开关电路920和多个电容器,诸如四个电容器921、922、923和924(被共同称为电容器921-924)。开关电路920包括多个开关、连接到差分放大器912的输入端子(例如,负(-)输入端子)的端子和连接到差分放大器912的正(+)输出端子的端子。开关电路920进一步包括用于接收差分输入模拟信号的一个分量(例如, V_{IN+})的输入、一个或多个基准电压(例如, V_{REF+} 和 V_{REF-})以及多个开关控制信号SW1-SW_n。开关控制信号SW1-SW_n被路由到开关,以便影响电容器921-924的各种配置。开关电路920进一步包括用于向数字转换逻辑(未示出)提供差分输出信号的一个分量的输出,由此根据RSD ADC902的操作的特定级,第一分量包括分量 V_{IN+} 、分量 V_{IN+} 的放大形式或者差分残余电压(例如,VR+)的分量中的任一个。

[0062] 模拟组件906进一步包括用于差分输入模拟信号的第二分量(例如, V_{IN-})的电容器网络915。电容器网络915包括开关电路919(对应于开关电路920)和多个电容器,诸如四个电容器925、926、927和928(被共同称为电容器925-928)。开关电路919包括多个开关、连接到差分放大器912的另一输入端子(例如,正(+)输入端子)的端子和连接到差分放大器912的负(-)输出端子的端子。开关电路919进一步包括用于接收差分输入模拟信号的另一分量(例如, V_{IN-})的输入、一个或多个基准电压(例如, V_{REF+} 和 V_{REF-})以及多个开关控制信号SW_{n+1}-SW_m。开关控制信号被路由到开关电路919的开关,以便影响电容器925-928的各种配置。开关电路919进一步包括用于提供差分输出信号的第二分量的输出,由此根据RSD ADC902的操作的特定级,第二分量包括分量 V_{IN-} 、分量 V_{IN-} 的放大形式或差分残余电压(例如,VR-)的分量。电容器网络914和915均可以通过与上文针对单端实现方案描述

的图 8 的示例相似的方式实现。

[0063] 控制逻辑 908 包括用于接收一个或多个时钟信号 (CLK) 的输入和用于提供使能 (EN) 信号和开关控制信号 SW1-SW_m 的输出。在至少一个实施例中,控制逻辑 908 配置开关控制信号和 EN 信号,以便经由开关电路 919 和 920 来影响电容器 921-928 的各种配置以及基于一个或多个时钟信号的相位来使能或禁止数字转换逻辑。

[0064] 在至少一个实施例中,图 9 的基于差分信号传送的实现方案可以用于单端输入模拟信号。在该情形中,单端输入模拟信号 V_{IN} 被提供为第一分量 V_{IN+} 并且电压基准 V_{AG} 被提供为第二分量 V_{IN-} 。因此,RSD ADC902 具有在放大和转换之前将单端输入模拟信号转换为差分信号的添加的特征。

[0065] 在至少一个实施例中,控制逻辑 908 实现了具有与图 3 的状态图 340 的操作相似的操作的硬件状态机。如同图 3 的单端实现方案的控制逻辑 308,基于差分信号的实现方案的控制逻辑 908 将电容器 921-928 布置为不同的配置,以便实现一个或多个放大轮回以递增地放大输入模拟信号(作为输入处的真实差分信号或者转换为差分信号的单端信号中的任一个)。

[0066] 图 10-12 图示根据本公开的至少一个实施例的可以用于实现差分输入信号的特定放大的电容器配置序列。为易于说明,在图 9 的 RSD ADC902 的情况下描述电容器配置序列。图示的配置是经由开关电路 920 和开关电路 919 的开关的配置实现的,但是出于清楚的目的从图 10-12 的图示配置中省略了开关。

[0067] 图 10 图示在时钟信号的第一周期的第一相位处的电容器 921、922、925 和 926 (C_1 、 C_2 、 C_5 和 C_6) 的初始采样配置 1000。电容器 921 的第一端子和电容器 922 的第一端子连接到输入模拟电压的第一分量,以便接收电压 V_{IN+} 。电容器 921 的第二端子和电容器 922 的第二端子连接到电压基准 V_{AG} 。同样地,电容器 925 的第一端子和电容器 926 的第一端子连接到输入模拟电压的第二分量,以便接收电压 V_{IN-} ,以及电容器 925 的第二端子和电容器 926 的第二端子连接到电压基准 V_{AG} 。如图 10 所示,初始采样配置 1000 导致跨越电容器 921 和 922 中的每个的电压 V_{IN+} 和跨越电容器 925 和 926 中的每个的电压 V_{IN-} 。

[0068] 图 11 图示在时钟信号的第一周期的第二相位处的电容器 921-928 的放大配置 1100。电容器 921 的第一端子和第二端子分别连接到电压基准 V_{AG} 和差分放大器 912 的负输入端子。电容器 922 的第一端子和第二端子分别连接到差分放大器 912 的正输出端子和负输入端子。电容器 925 的第一端子和第二端子分别连接到电压基准 V_{AG} 和差分放大器 912 的正输入端子。电容器 926 的第一端子和第二端子分别连接到差分放大器 912 的负输出端子和正输入端子。电容器 923 的第一端子和电容器 924 的第一端子连接到差分放大器 912 的正输出端子,以及电容器 923 的第二端子和电容器 924 的第二端子连接到电压基准 V_{AG} 。电容器 927 的第一端子和电容器 928 的第一端子连接到差分放大器 912 的负输出端子,以及电容器 927 的第二端子和电容器 928 的第二端子连接到电压基准 V_{AG} 。

[0069] 对于放大配置 1100,在电容器 921 和 922 没有放电的情况下,经由开关电路 920 从图 10 的初始采样配置 1000 重新配置电容器 921 和 922。同样地,在电容器 925 和 926 没有放电的情况下,经由开关电路 919 从图 10 的初始采样配置 1000 重新配置电容器 925 和 926。在该配置中,将意识到差分放大器的输出电压 ($VR_{I+}-VR_{I-}$) 是 $2*(V_{IN+}-V_{IN-})$ 。

[0070] 此外,放大配置 1100 中,差分放大器 912 的正输出端子将电荷驱动到电容器 923

和 924 中,从而使电容器 923 和 924 的第一端子与它们的第二端子之间的电压差等于 VR_{1+} 或者 $2*V_{IN+}$ 。差分放大器 912 的负输出端子将电荷驱动到电容器 927 和 928 中,从而使电容器 927 和 928 的第一端子与它们的第二端子之间的电压差等于 VR_{1-} 或者 $2*V_{IN-}$ 。在 2X 放大是足够的情况下,模拟组件 906 被布置为 RSD 转换配置,并且可以使用 2X 放大模拟信号(如跨越电容器 323 和 324 以及电容器 327 和 328 的端子的电压所表示的)来开始转换过程。

[0071] 另外,在时钟信号的第二周期的第一相位处可以经由图 12 的放大配置 1200 实现另外的放大。在放大配置 1200 中,电容器 923 的第一端子和第二端子分别连接到电压基准 V_{AG} 和差分放大器 912 的负输入端子。同样地,电容器 927 的第一端子和第二端子分别连接到电压基准 V_{AG} 和差分放大器 912 的正输入端子。电容器 924 的第一端子和第二端子分别连接到差分放大器 912 的正输出端子和负输入端子。电容器 928 的第一端子和第二端子分别连接到差分放大器 912 的负输出端子和正输入端子。电容器 921 的第一端子和电容器 922 的第一端子连接到差分放大器 912 的正输出端子,以及电容器 921 的第二端子和电容器 922 的第二端子连接到电压基准 V_{AG} 。电容器 925 的第一端子和电容器 926 的第一端子连接到差分放大器 912 的负输出端子,以及电容器 925 的第二端子和电容器 926 的第二端子连接到电压基准 V_{AG} 。因此,将意识到,在放大配置 1100 与放大配置 1200 之间,电容器 921 和电容器 923 切换位置,电容器 922 和电容器 924 切换位置,电容器 925 和电容器 927 切换位置,并且电容器 926 和电容器 928 切换位置。

[0072] 对于放大配置 1200,在电容器 923、924、927 和 928 没有放电的情况下,经由开关电路 919 和开关电路 920 从图 11 的放大配置 1100 重新配置电容器 923、924、927 和 928。在该配置中,将意识到差分放大器 912 的输出电压($VR_{+2}-VR_{-2}$)是 $4*(V_{IN+}-V_{IN-})$ (即, $2*2*(V_{IN+}-V_{IN-})$)。

[0073] 此外,差分放大器 912 的正输出将电荷驱动到电容器 921 和 922 中,从而使电容器 921 和 922 的第一端子与它们的第二端子之间的电压差等于 VR_{+2} 或者 $4*V_{IN+}$ 。差分放大器 912 的负输出将电荷驱动到电容器 925 和 926 中,从而使电容器 925 和 926 的第一端子与它们的第二端子之间的电压差等于 VR_{-2} 或者 $4*V_{IN-}$ 。在 4X 放大是足够的情况下,可以使用 4X 放大模拟信号来开始转换过程。另外,在需要大于 4X(并且是 2 的幂)的放大的情况下,可以执行在放大配置 1100 与放大配置 1200 之间交替的配置序列,直至实现所期望的放大。

[0074] 图 13-15 图示根据这里描述的技术的用于将单端输入信号转换为差分信号用于数字转换的示例性的电容器配置序列。图 13 和 14 的组合图示在不放大的情况下将单端输入信号转换为差分信号的电容器配置序列。图 13 和 15 的组合图示在得到的差分信号中实现 2X 增益的同时将单端输入信号转换为差分信号的电容器配置序列。为易于说明,在图 9 的 RSD ADC902 的背景下描述电容器配置序列。图示的配置是经由开关电路 920 和开关电路 919 的开关的配置实现的,但是出于清楚的目的从图 13-15 的图示配置中省略了开关。

[0075] 图 13 图示在时钟信号的第一周期的第一相位处的电容器 921 和 925 的初始采样配置 1300。电容器 921 的第一端子被连接成接收单端输入信号的模拟电压 V_{IN} ,并且电容器 925 的第一端子连接到电压基准 V_{AG} 。电容器 921 的第二端子和电容器 925 的第二端子连接到电压基准 V_{AG} 。此外,电容器 922 和 926 按与电容器 925 相同的方式配置。因此,初始采样配置 1300 导致了跨越电容器 921 的电压 V_X (其中 $V_X=V_{IN}-V_{AG}$)和跨越电容器 922、925 和 926 的约 0V 的电压。

[0076] 图 14 图示在时钟信号的第一周期的第二相位处的电容器 921-928 的非放大单端信号 - 差分信号转换配置 1400。电容器 921 的第一端子和第二端子分别连接到电压基准 V_{AG} 和差分放大器 912 的负输入端子。电容器 922 的第一端子和第二端子分别连接到差分放大器 912 的正输出端子和负输入端子。电容器 925 的第一端子和第二端子分别连接到电压基准 V_{AG} 和差分放大器 912 的正输入端子。电容器 926 的第一端子和第二端子分别连接到差分放大器 912 的负输出端子和正输入端子。电容器 923 的第一端子和电容器 924 的第一端子连接到差分放大器 912 的正输出端子, 以及电容器 923 的第二端子和电容器 924 的第二端子连接到电压基准 V_{AG} 。电容器 927 的第一端子和电容器 928 的第一端子连接到差分放大器 912 的负输出端子, 以及电容器 927 的第二端子和电容器 928 的第二端子连接到电压基准 V_{AG} 。

[0077] 在该配置中, 将意识到差分放大器 912 的输出电压是 V_x , 由此将具有电压 V_{IN} 的单端输入信号转换为具有信号分量之间的电压差 V_x 的差分信号。得到的差分信号随后可以由电容器 923、924、927 和 928 进行采样并且如上文所述执行放大和数字转换处理。

[0078] 图 15 图示在时钟信号的第一周期的第二相位处的电容器 921-928 的可替选的单端 - 差分转换配置 1500, 由此在进行单端 - 差分转换的同时, 使得到的差分信号按 $2X$ 的增益进行放大。图 15 的配置 1500 与图 14 的配置 1400 相同, 不同之处在于电容器 925 的第一端子被替换地连接成接收单端输入信号的电压 V_{IN} (而不是如图 14 的配置 1400 中出现的一样, 连接到电压基准 V_{AG})。在该配置中, 将意识到差分放大器 912 的输出电压是 $2*V_x$, 由此将具有电压 V_{IN} 的单端输入信号转换和放大为具有信号分量之间的电压差 $2*V_x$ 的差分信号。得到的差分信号随后可以由电容器 923、924、927 和 928 进行采样并且如上文所述经由采样电容器执行放大和数字转换处理。

[0079] 图 16 图示根据本公开的至少一个实施例的 RSD ADC 的另一示例性实现方案。在上述实施例中, 开关电路用于布置关于多个放大轮回的不同的电容器配置, 以便迭代地将输入模拟信号放大到所期望的电压电平。图 16 中示出的 RSD ADC1602 基本上与图 8 中示出的 RSD ADC302 相似, 不同之处在于使用可编程电容器 1621 和 1622 来替换电容器 1621 和 1622, 并且控制逻辑 1608 被配置为还提供电容调节信号 CAP1 和 CAP2 以分别调节可编程电容器 1621 和 1622 的电容。在一个实施例中, 可编程电容器 1621 和 1622 被配置为可编程电容器网络, 并且在前述美国专利 No. 5, 625, 361 中描述了其示例。尽管图 16 示出了单端实现方案, 但是基于可编程电容器的 RSD ADC 可以与图 9 图示相似地被实现为基于差分信号传送的实现方案。

[0080] 图 17 图示根据本公开的至少一个实施例的图 16 的 RSD ADC1602 的操作的示例性方法 1700。在至少一个实施例中, 方法 1700 可以至少部分地被实现为控制逻辑 1608 的状态机。

[0081] 在框 1702 中, 当配置为具有放大器 312 的放大器配置时, 控制逻辑 1608 配置可编程电容器 1621 和 1622 的电容以提供输入模拟信号的所期望的放大。假设可编程电容器 1621 具有可编程电容 $C1$ 并且可编程电容器 1622 具有可编程电容 $C2$, 该配置中的放大器 312 的输出电压 (V_R) 等于:

$$[0082] \quad V_R = \left(1 + \frac{C2}{C1}\right) \times V_{IN}$$

[0083] 并且因此放大器 312 和可编程电容器 1621 和 1622 的放大配置的增益是

[0084]

$$\text{增益} = \left(1 + \frac{C2}{C1} \right)$$

[0085] 为了实现特定的增益,控制逻辑 1608 可以经由 CAP1 和 CAP2 信号调节电容 C1 和 C2,以便实现与特定增益相对应的电容 C2 与电容 C1 的比。例如,为了实现 2X 增益,控制逻辑 308 可以在框 1702 中对可编程电容器 1621 和 1622 进行编程以具有基本上相似的电容(即,电容 C2 与电容 C1 的比是 1:1,导致了增益为 2)。同样地,为了实现 3X 的增益,可编程电容器 1622 的电容 C1 可以被设定为可编程电容器 1621 的电容 C2 的二分之一(即,电容 C2 与电容 C1 的比是 2:1,导致了增益为 3)。此外,为了实现 4X 的增益,可编程电容器 1622 的电容 C1 可以被设定为可编程电容器 1621 的电容 C2 的三分之一(即,电容 C2 与电容 C1 的比是 3:1,导致了增益为 4)。通过在将电容 C1 维持在 RSD 转换级期间使用的电容的同时增加电容 C2,通过在将电容 C2 维持在 RSD 转换级期间使用的电容的同时减小电容 C1,或者通过在减小电容 C1 的同时增加电容 C2,可以获得所期望的电容比。

[0086] 在将可编程电容器 1621 和 1622 编程到所期望的电容之后,可编程电容器 1621 和 1622 被配置为与图 4 的初始采样配置 400 相对应的初始采样配置,并且在处于该配置的同时,将输入模拟信号应用于可编程电容器 1621 和 1622,以便创建跨越它们的端子的电压差,该电压差等于输入模拟信号的电压 V_{IN} 。

[0087] 在使用可编程电容器 1621 和 1622 对输入模拟信号进行采样之后,在框 1704 中将可编程电容器 1621 和 1622 以及电容器 1623 和 1624 配置为与图 5 的放大器配置 500 相对应的放大器配置,以便对输入模拟信号进行放大以生成放大模拟信号。如上文讨论的,得到的放大信号的增益将约等于 $1 + (C2/C1)$ 。

[0088] 在框 1706 中,开关 801-809 被接合,以便于将可编程电容器 1621 和 1622 以及电容器 1623 和 1624 重新配置为常规的 RSD 模拟级,用于将放大模拟信号转换为数字信号。该重新配置可以包括,例如,将可编程电容器 1621 和 1622 重新编程为具有基本上相等的电容,由此在转换过程期间将 RSD 模拟级配置为具有 2X 的标准增益。

[0089] 如这里使用的术语“另一”被限定为至少第二个或更多。如这里使用的术语“包括”、“具有”或其任何变化形式被限定为包括。如这里参照光电技术使用的术语“耦合”被限定为连接,尽管其不一定是直接连接,也不一定是机械连接。

[0090] 通过考虑说明书以及这里公开的内容的实践,其他实施例、使用和优点对于本领域的技术人员将是明显的。说明书和附图应仅被视为示例性的,并且因此本公开的范围应仅由所附权利要求及其等同物限定。

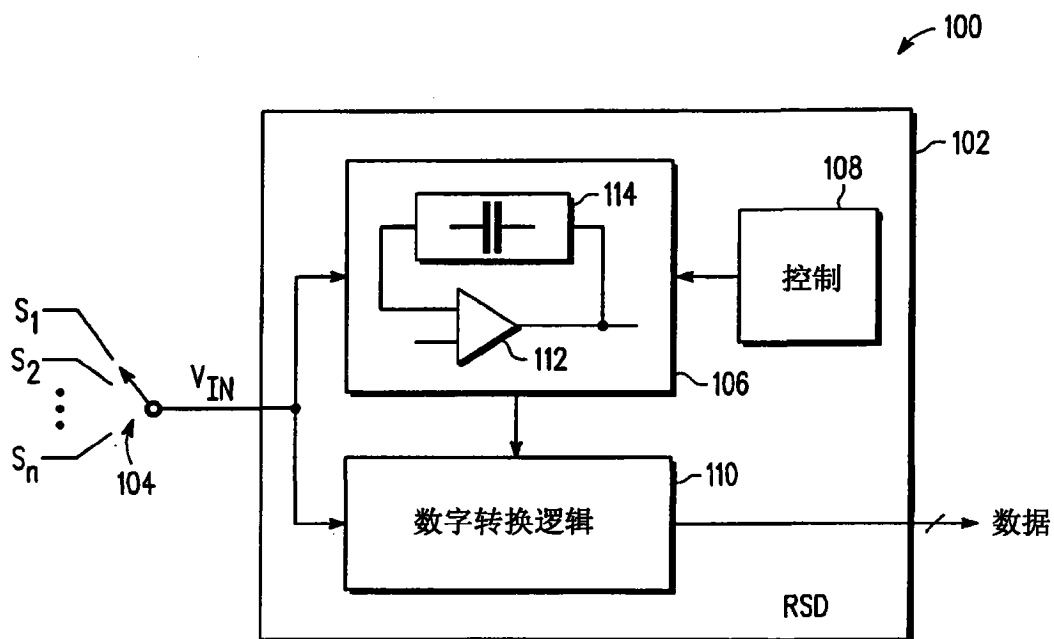


图 1

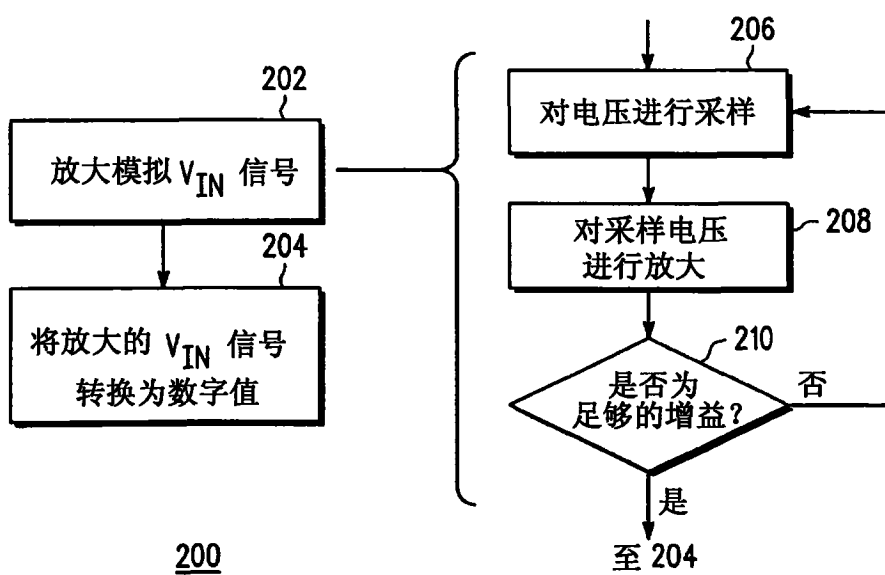


图 2

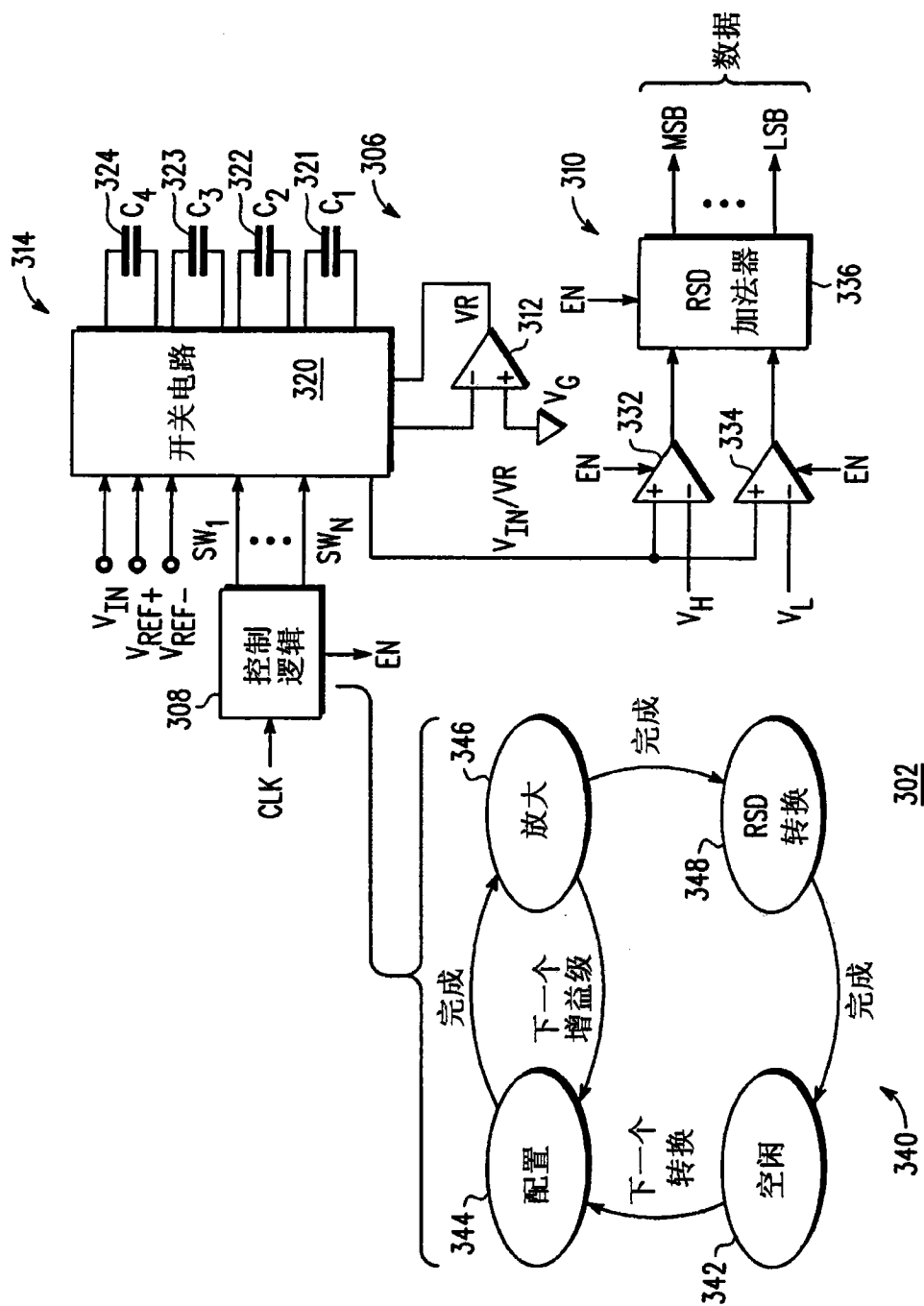


图 3

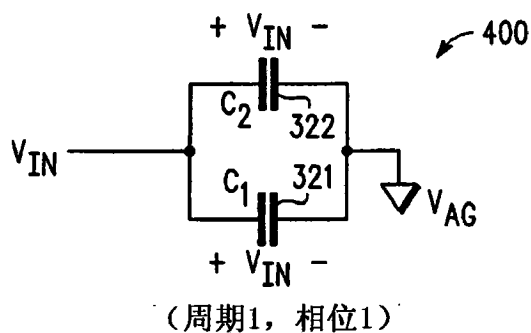


图 4

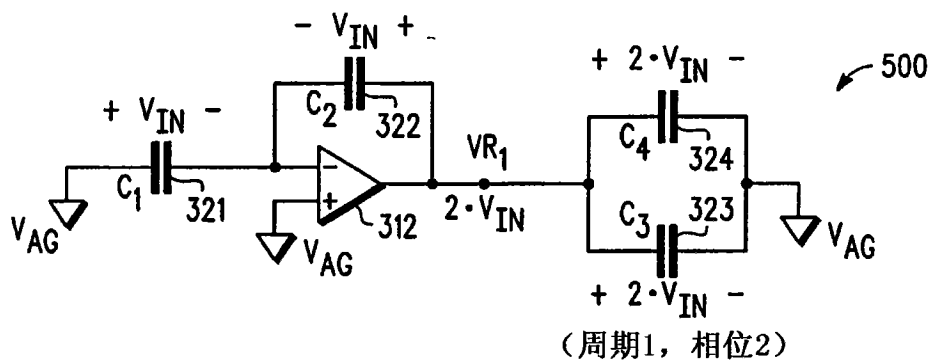


图 5

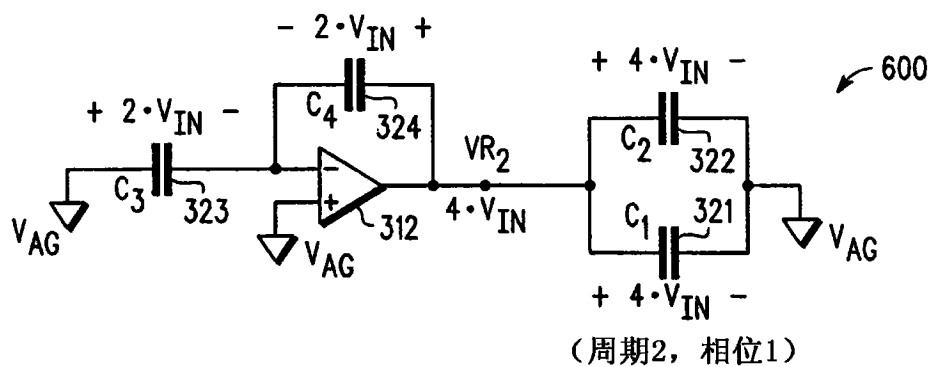


图 6

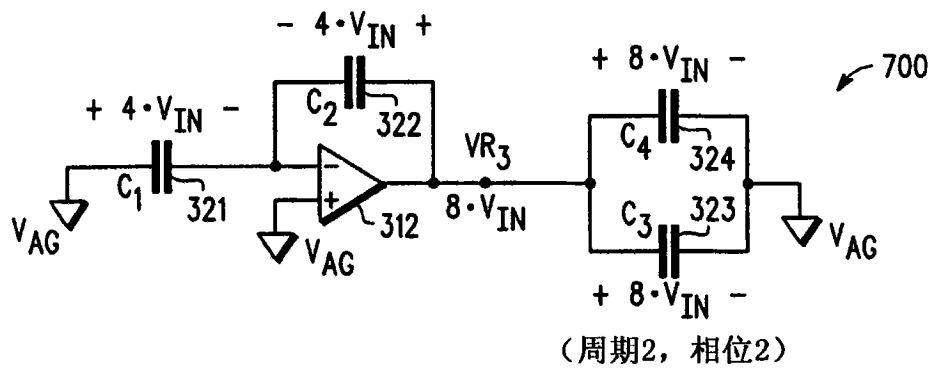


图 7

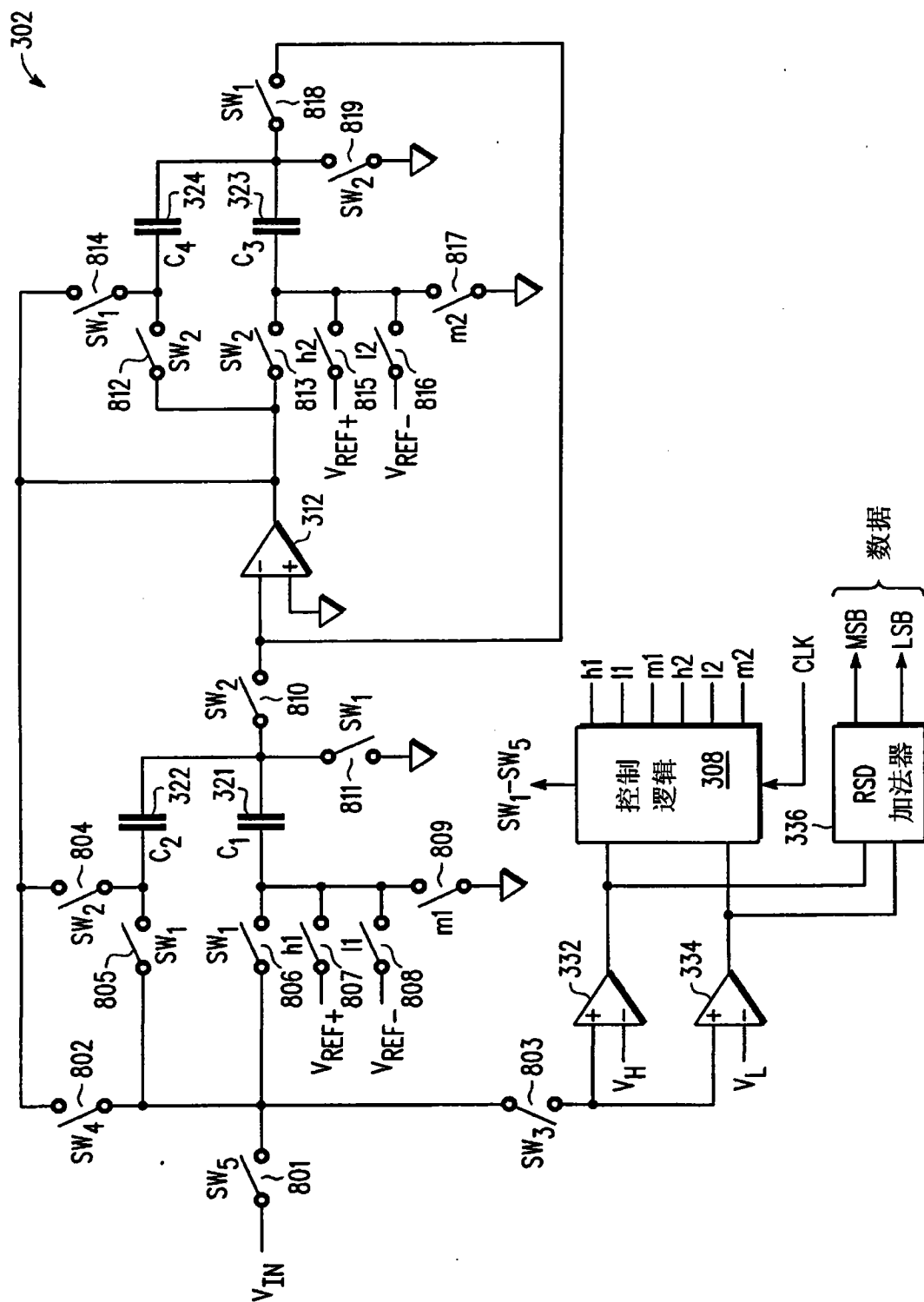


图 8

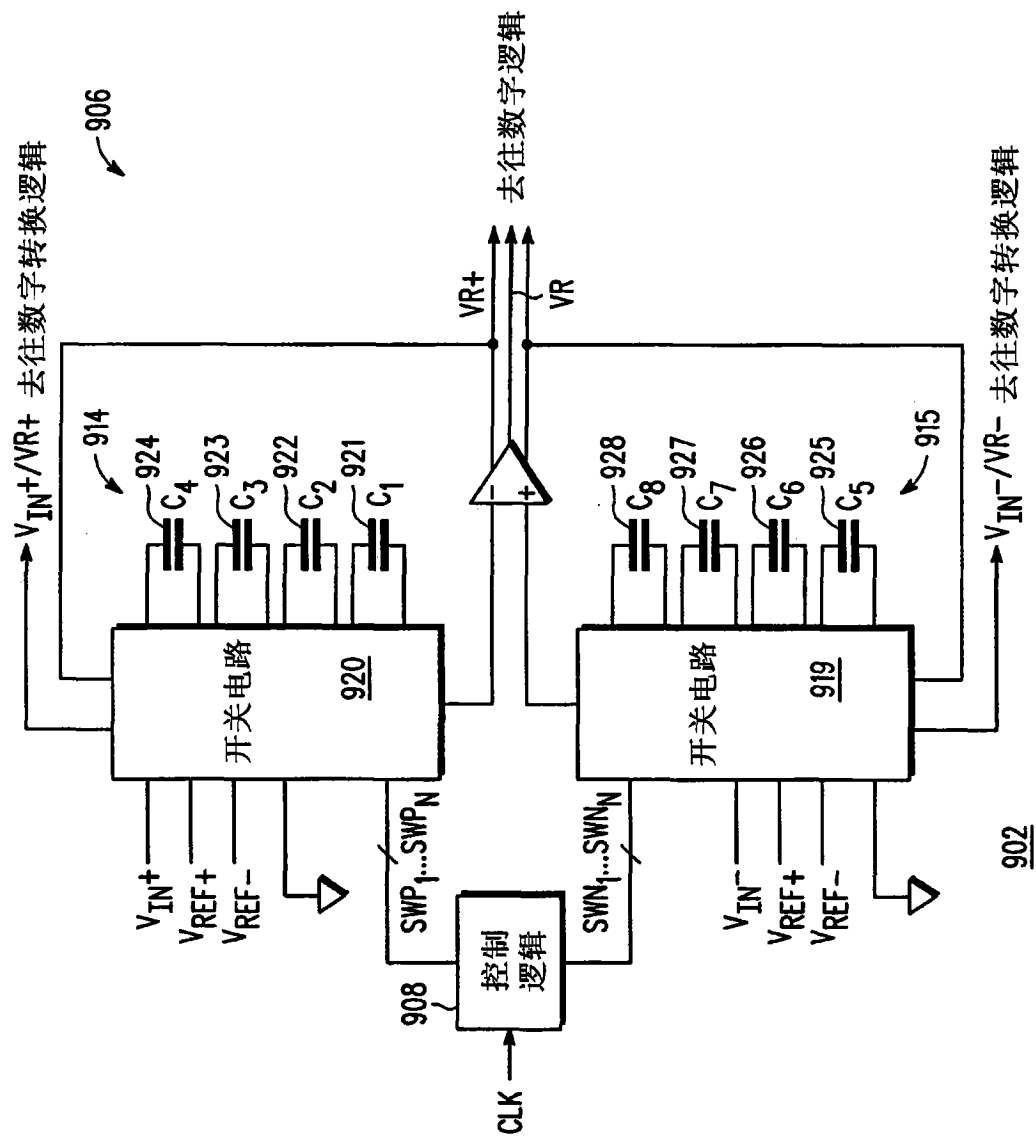


图 9

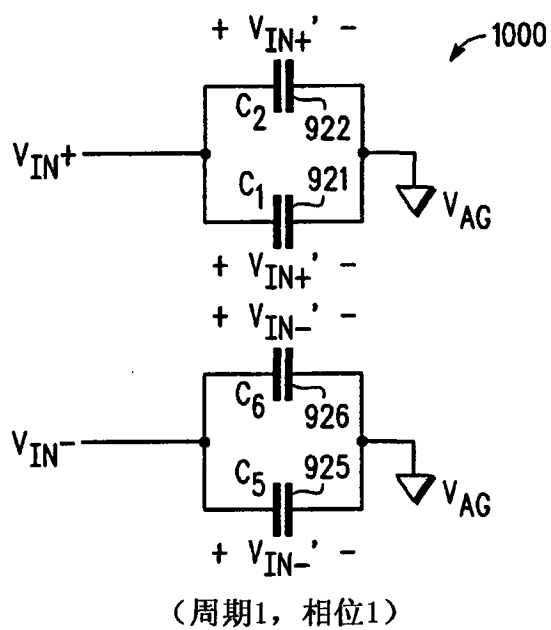


图 10

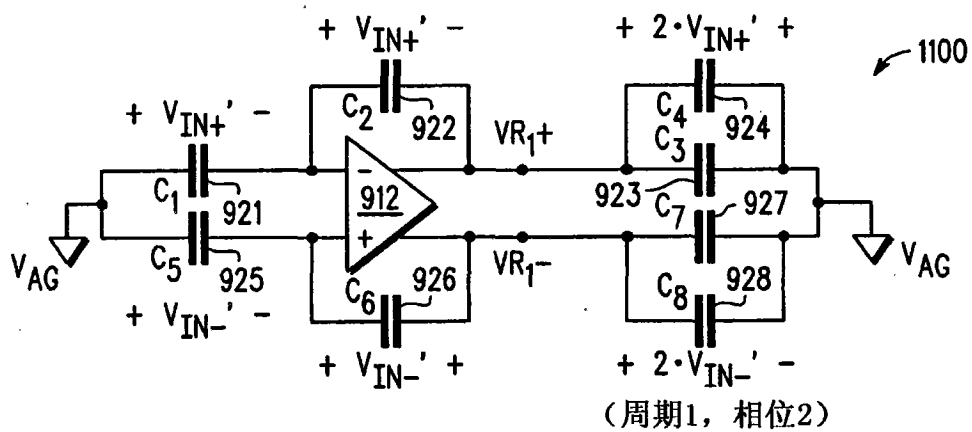


图 11

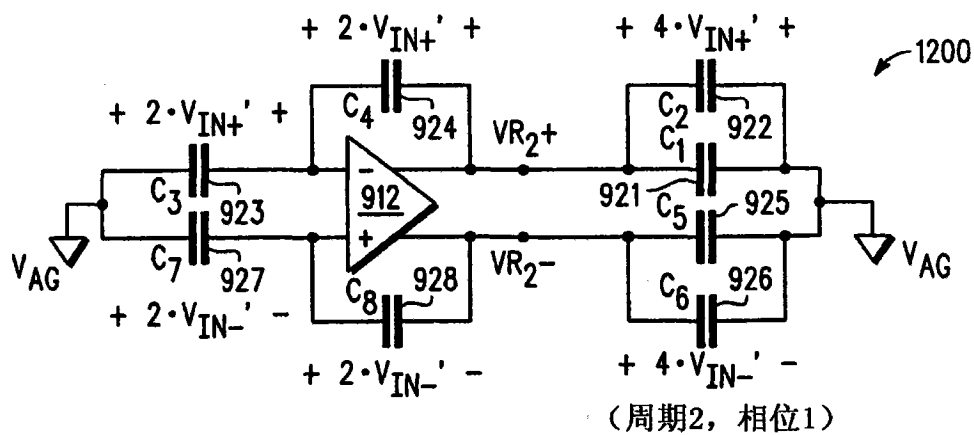


图 12

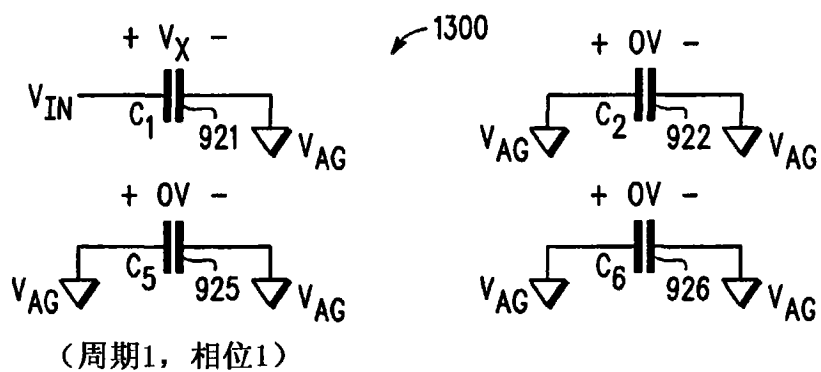


图 13

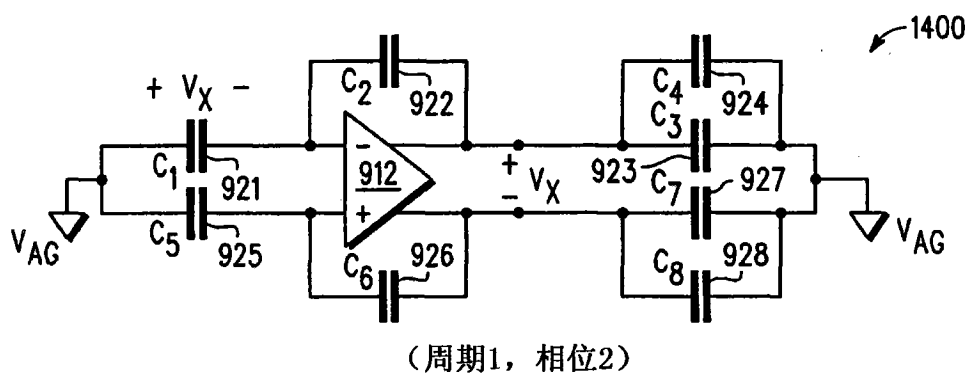


图 14

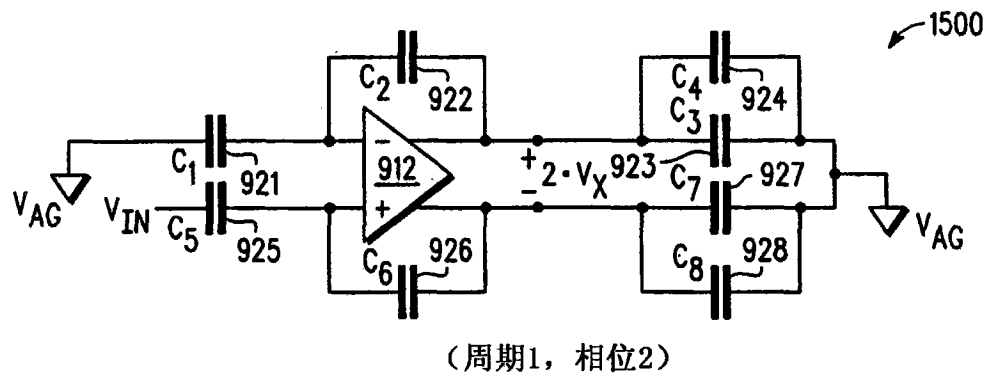


图 15

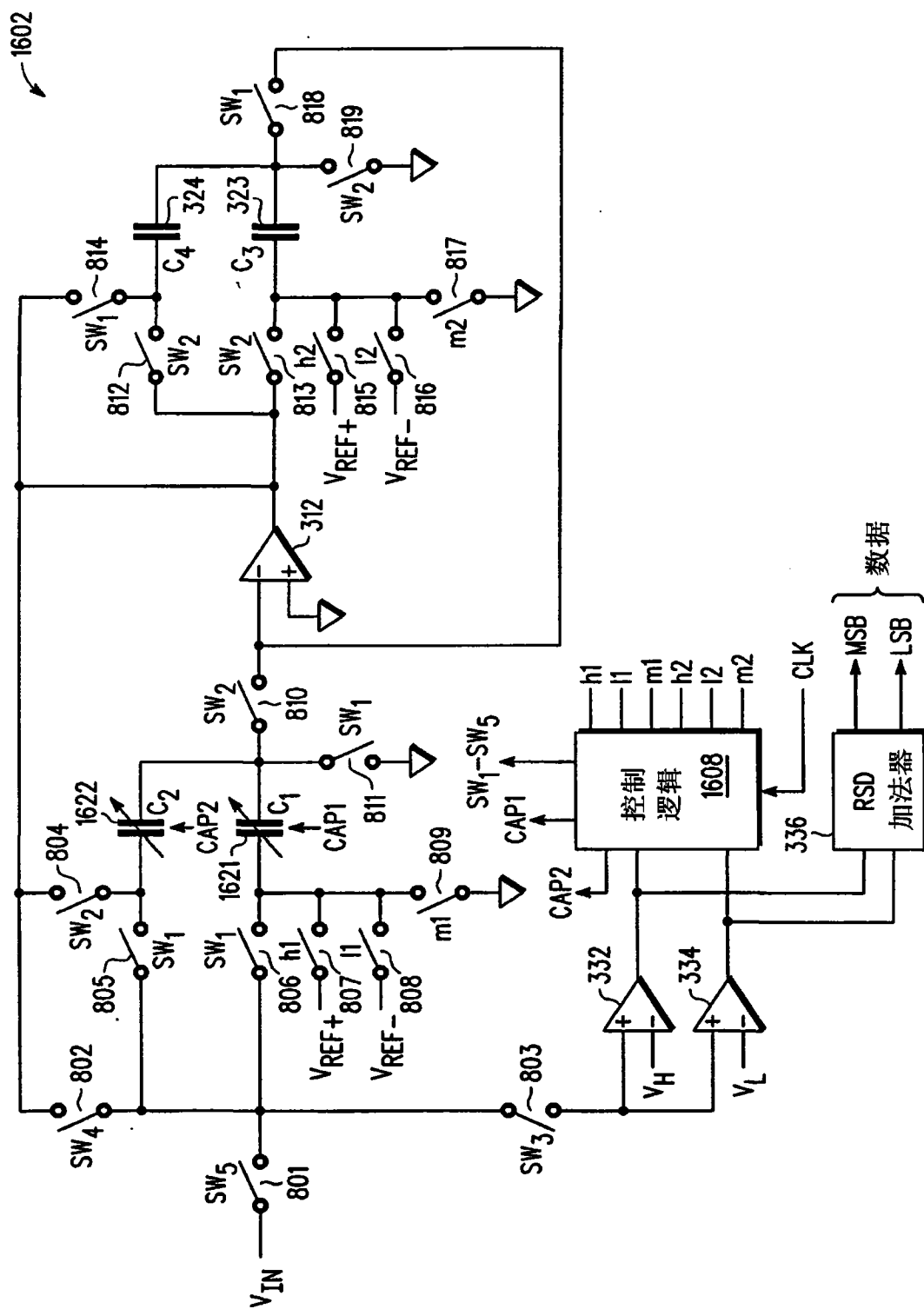


图 16

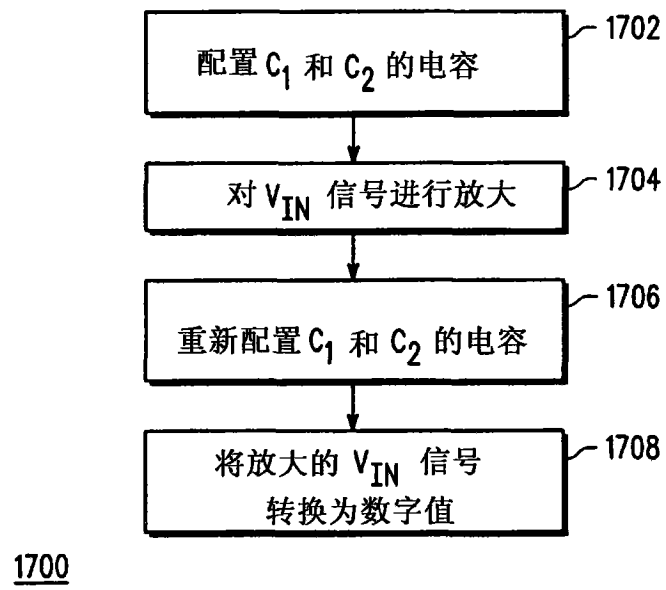


图 17