



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115701687 A

(43) 申请公布日 2023. 02. 10

(21) 申请号 202110881762.7

(22) 申请日 2021.08.02

(71) 申请人 上海禾赛科技有限公司

地址 201821 上海市嘉定区新徕路468号园
区二号楼

(72) 发明人 历洪宇 尹辉 向少卿

(74) 专利代理机构 上海知锦知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 31327

专利代理师 潘彦君

(51) Int. Cl.

H03M 1/10 (2006.01)

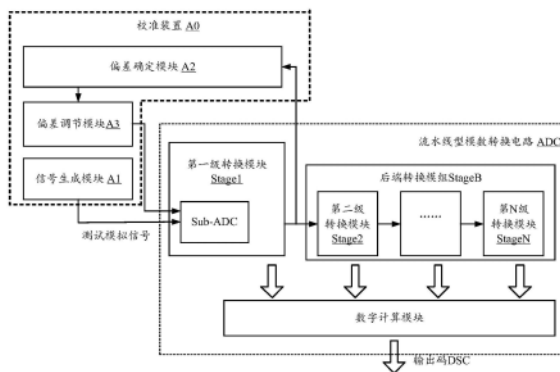
权利要求书3页 说明书19页 附图8页

(54) 发明名称

用于流水线型模数转换电路的校准装置、方法以及雷达

(57) 摘要

用于流水线型模数转换电路的校准装置、方法以及雷达,其中,所述流水线型模数转换电路包括第一级转换模块和与其级联的具有至少一级转换模块的后端转换模组,所述第一级转换模块包括由至少一个比较器构成的子模数转换单元;所述校准方法包括:向所述第一级转换模块输入测试模拟信号;获取所述第一级转换模块输出的与所述比较器输出端跳转信号对应的跳转输出电压;根据所述跳转输出电压判定所述比较器的预设参考阈值是否相对于理论参考阈值存在偏差;当确定所述比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值存在偏差时,调整所述比较器的预设比较阈值。上述方法能够实现对无采样保持结构的流水线型模数转换电路的孔径误差校准,提升转换精度。



1. 一种用于流水线型模数转换电路的校准方法,其中,所述流水线型模数转换电路包括第一级转换模块和与其级联的具有至少一级转换模块的后端转换模组,所述第一级转换模块包括由至少一个比较器构成的子模数转换单元;其特征在于,所述校准方法包括:

向所述第一级转换模块输入测试模拟信号;

获取所述第一级转换模块输出的与所述比较器输出端跳转信号对应的跳转输出电压;

根据所述跳转输出电压判定所述比较器的预设参考阈值是否相对于理论参考阈值存在偏差;

当确定所述比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值存在偏差时,调整所述比较器的预设比较阈值。

2. 根据权利要求1所述的校准方法,其特征在于,所述根据所述跳转输出电压判定所述比较器的预设参考阈值是否相对于理论参考阈值存在偏差,进一步包括:

根据所述跳转输出电压确定与所述第一级转换模块对应的跳转数字信息;

根据所述跳转数字信息,确定所述第一级转换模块的测量输出区间是否与理论输出区间一致,并当二者不一致时,确定所述比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值存在偏差。

3. 根据权利要求2所述的校准方法,其特征在于,所述根据所述跳转输出电压来确定与所述第一级转换模块对应的跳转数字信息,进一步包括:

获取与所述跳转输出电压对应的数字残差信息,以及所述后端转换模组输出的与所述测试模拟信号对应的测试数字信息;

根据所述数字残差信息以及所述测试数字信息,确定与所述第一级转换模块对应的跳转数字信息。

4. 根据权利要求1所述的校准方法,其特征在于,所述根据所述跳转输出电压判定所述比较器的预设阈值是否存在偏差,进一步包括:

比较所述跳转输出电压与预设输出电压阈值,当二者不一致时,确定所述比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值存在偏差。

5. 根据权利要求1-4任一项所述的校准方法,其特征在于,所述当确定所述比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值存在偏差时,调整所述比较器的预设比较阈值,包括:

在确定所述比较器的预设参考阈值小于对应的理论参考阈值时,控制增大所述比较器的预设比较阈值;

在确定所述比较器的预设参考阈值大于对应的理论参考阈值时,控制减小所述比较器的预设比较阈值。

6. 一种用于流水线型模数转换电路的校准装置,其中,所述流水线型模数转换电路包括第一级转换模块和级联的具有至少一级转换模块的后端转换模组,所述第一级转换模块包括由至少一个比较器构成的子模数转换单元;其特征在于,所述校准装置包括:

信号生成模块,适于生成测试模拟信号并输入至所述流水线型模数转换电路中所述第一级转换模块;

偏差确定模块,适于获取所述第一级转换模块输出的与所述比较器输出端跳转信号对应的跳转输出电压;根据所述跳转输出电压判定所述比较器的预设参考阈值是否相对于理论参考阈值存在偏差;

偏差调节模块,适于当所述偏差确定模块确定所述比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值存在偏差时,调整所述比较器的预设比较阈值。

7. 根据权利要求6所述的校准装置,其特征在于,所述偏差确定模块,包括:

数字信息获取单元,适于根据所述跳转输出电压确定与所述第一级转换模块对应的跳转数字信息;

偏差计算单元,适于根据所述数字信息获取单元获取的所述跳转数字信息,确定所述第一级转换模块的测量输出区间是否与理论输出区间一致,并当二者不一致时,确定所述比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值存在偏差。

8. 根据权利要求7所述的校准装置,其特征在于,所述数字信息获取单元包括:

数字计算子单元,适于获取与所述跳转输出电压对应的数字残差信息,以及所述后端转换模组输出的与所述测试模拟信号对应的测试数字信息;并根据所述数字残差信息以及所述测试数字信息,确定与所述第一级转换模块对应的跳转数字信息。

9. 根据权利要求6所述的校准装置,其特征在于,所述偏差确定模块包括:比较单元,适于比较所述跳转输出电压与预设输出电压阈值,基于比较结果输出相应的反馈信号,其中当二者不一致时,确定所述比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值存在偏差。

10. 根据权利要求6-9任一项所述的校准装置,其特征在于,所述偏差调节模块,适于当确定所述比较器的预设参考阈值小于对应的理论参考阈值时,控制增大所述比较器的预设比较阈值;以及当确定所述比较器的预设参考阈值大于对应的理论参考阈值时,控制减小所述比较器的预设比较参考阈值。

11. 根据权利要求10所述的校准装置,其特征在于,所述比较器包括:

预放大部件,其第一输入端适于输入对应的预设参考阈值,其第二输入端适于输入所述测试模拟信号,其第一输出端适于输出所述预设参考阈值对应的放大信号,其第二输出端适于输出所述测试模拟信号对应的放大信号;

锁存部件,其第一输入端与所述预放大部件的第一输出端耦接;其第二输入端与所述预放大部件的第二输出端耦接,其输出端适于基于所述第一输入端和所述第二输入端的大小关系,输出比较结果。

12. 根据权利要求11所述的校准装置,其特征在于,所述偏差调节模块包括:

电荷储能单元组,包括多个第一电荷储能单元和多个第二电荷储能单元,其中:各所述第一电荷储能单元分别耦接于所述预放大部件的第一输出端与地之间,各所述第二电荷储能单元分别耦接于所述预放大部件的第二输出端与地之间;

开关单元组,包括多个第一开关和多个第二开关,其中:各所述第一开关分别耦接于相应第一电荷储能单元与地之间,各所述第二开关分别耦接于相应的第二电荷储能单元与地之间;

开关控制单元,适于在确定所述比较器的预设参考阈值小于所述比较器的理论参考阈值时,导通所述预放大部件的第一输出端耦接的部分或全部第一电荷储能单元与地之间的第一开关;以及在确定所述比较器的预设参考阈值小于对应比较器的理论参考阈值时,导通所述预放大部件的第一输出端耦接的部分或全部第二电荷储能单元与地之间的第二开关。

13. 一种雷达,其特征在于,包括:探测装置、模数转换电路和权利要求6-12任一项所述

的校准装置;其中:

所述探测装置,适于采集回波信号,并向所述模数转换电路输出待处理模拟信号;

所述模数转换电路,适于对所述探测装置的待处理模拟信号或者所述校准装置的测试模拟信号进行模数转换;其包括流水线型模数转换电路,其中,所述流水线型模数转换电路包括第一级转换模块、与其级联的具有至少一级转换模块的后端转换模组和数字计算模块;

所述校准装置,适于通过向所述流水线型模数转换电路输入测试模拟信号对所述流水线型模数转换电路进行孔径误差校准。

14. 根据权利要求13所述的雷达,其特征在于,还包括:

控制装置,适于在所述雷达上电后,控制所述校准装置对所述流水线型模数转换电路进行校准,并在符合校准结束条件后,控制所述校准装置结束校准,并使所述模数转换电路对待处理模拟信号进行模数转换处理。

用于流水线型模数转换电路的校准装置、方法以及雷达

技术领域

[0001] 本说明书实施例涉及集成电路技术领域,尤其涉及一种用于流水线型模数转换电路的校准装置、方法以及雷达。

背景技术

[0002] 自然界的许多物理量(如速度、压力、温度、声音等)在时间上连续变化,幅值上也是连续取值的,这种连续变化的物理量称为模拟量,表示模拟量的信号称为模拟信号(Analogue Signal)。

[0003] 与模拟量对应的另一类物理量称为数字量,他们是在一系列离散的时刻获取的数值,其数值的大小和每次的增减都是量化的整数倍,即他们是一系列时间离散、数值也离散的信号。表示数字量的信号称为数字信号(Digital Signal)。

[0004] 随着计算机的广泛应用,大多数电子系统都采用计算机来对信号进行处理,而计算机无法直接处理模拟信号,只能处理数字信号,因此,需要将模拟信号转换为数字信号,从而产生了模数(Analog/Digital,A/D)转换技术,将实现模拟信号转换成数字信号的电路可以称为模数转换电路。

[0005] 模数转换过程主要包括:1)在采样阶段,对模拟信号进行采样,得到时间离散、幅值连续的模拟采样信号,其中,幅值连续是指幅值没有量化,仍然与模拟信号的幅值相同;2)在保持阶段,保持从采样阶段切换到保持阶段时模拟信号的幅值(即采样值),得到时间离散、以采样值为幅值的模拟保持信号,选取一个量化单位,将该采样值除以量化单位并取整数,实现信号量化(数字化),得到时间离散、数值也离散的数字量;3)对数字量进行编码,得到相应的数字码,形成数字信号。

[0006] 其中,为了便于计算机使用,一般采用二进制编码方式,得到一定位数的数字码,通常用数字码的位数来表示数字信号的位数,如10位(bit)的数字信号。数字信号采用的位数越多,越能准确地反映模拟信号。

[0007] 在模数转换的量化过程中,通常采用多个比较器对模拟保持信号进行比较,得到量化结果。因此,在其他参数不变情况下,比较器数量越多,量化精度越高,输出的数字信号越准确。但是,由于空间布局、成本、性能等一些指标的限制,不能通过简单粗暴地增加比较器来得到更多位数的数字信号。

[0008] 例如,若要将模拟信号转换为10bit的数字信号,从原理上来说,可以采用1023个比较器输出1024个数字量,再对得到的数字量进行编码,得到10bit的数字信号。10bit的数字信号就需要上千的比较器,可想而知,实际中不可能采取上述方案。

[0009] 为了在一定数量的比较器下能够获得更多位数的数字信号,对模数转换电路的结构进行了优化,出现了逐次逼近型、积分型、压频变换型、分级型和流水线型等模数转换电路,逐次逼近型、积分型和压频变换型的模数转换电路主要应用于中低速、精度较低的模数转换场景中。而分级型和流水线型模数转换电路可应用于速度更快、精度更高的模数转换场景中,例如,可应用于高速情况下的瞬态信号处理。

[0010] 其中,流水线型模数转换电路内部存在分级量化结构,通过多级低精度的转换模块进行采样、量化和编码等的转换工作。对于每一级的转换模块,采用较少数量的比较器即可实现本级别的快速模数转换,是当前实现高速高精度模数转换电路的主流选择。

[0011] 在一些流水线型模数转换电路中,通常先通过采样保持放大器(Sample-Holding Amplifier,SHA)进行采样,获得采样保持信号后,再输入至各级转换模块进行模数转换。其中除最后一级的转换模块外,其他各级的转换模块,均包括:子级模数转换单元(Sub-ADC)和增益数模转换单元(Multiplying Digital to Analog Converter,MDAC)。然而,SHA通常功耗较大,为了节省功耗,某些流水线型模数转换电路中取消了SHA,直接将模拟信号输入至第一级的转换模块。

[0012] 但是这种不包含SHA的流水线ADC的一个主要的问题在于,由于模拟信号会随着时间波动,在第一级转换模块内,所述Sub-ADC与所述MDAC两者的采样路径存在带宽失配,从而产生孔径误差。孔径误差会导致传输曲线跳变电平的位置发生平移,对应的输出电压范围可能变大,影响流水线型模数转换电路的精度。

发明内容

[0013] 有鉴于此,本说明书实施例提供一种用于流水线型模数转换电路的校准装置、方法以及雷达,能够实现对无采样保持结构的流水线型模数转换电路的孔径误差校准,进而能够提升流水线型模数转换电路的精度。

[0014] 首先,本发明实施例提供了一种用于流水线型模数转换电路的校准方法,其中,所述流水线型模数转换电路包括第一级转换模块和与其级联的具有至少一级转换模块的后端转换模组,所述第一级转换模块包括由至少一个比较器构成的子模数转换单元;所述校准方法包括:

[0015] 向所述第一级转换模块输入测试模拟信号;

[0016] 获取所述第一级转换模块输出的与所述比较器输出端跳转信号对应的跳转输出电压;

[0017] 根据所述跳转输出电压判定所述比较器的预设参考阈值是否相对于理论参考阈值存在偏差;

[0018] 当确定所述比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值存在偏差时,调整所述比较器的预设比较阈值。

[0019] 可选地,所述根据所述跳转输出电压判定所述比较器的预设参考阈值是否相对于理论参考阈值存在偏差,进一步包括:

[0020] 根据所述跳转输出电压确定与所述第一级转换模块对应的跳转数字信息;

[0021] 根据所述跳转数字信息,确定所述第一级转换模块的测量输出区间是否与理论输出区间一致,并当二者不一致时,确定所述比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值存在偏差。

[0022] 所述根据所述跳转输出电压来确定与所述第一级转换模块对应的跳转数字信息,进一步包括:

[0023] 获取与所述跳转输出电压对应的数字残差信息,以及所述后端转换模组输出的与所述测试模拟信号对应的测试数字信息;

[0024] 根据所述数字残差信息以及所述测试数字信息,确定与所述第一级转换模块对应的跳转数字信息。

[0025] 可选地,所述根据所述跳转输出电压判定所述比较器的预设阈值是否存在偏差,进一步包括:

[0026] 比较所述跳转输出电压与预设输出电压阈值,当二者不一致时,确定所述比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值存在偏差。

[0027] 可选地,所述当确定所述比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值存在偏差时,调整所述比较器的预设比较阈值,包括:

[0028] 在确定所述比较器的预设参考阈值小于对应的理论参考阈值时,控制增大所述比较器的预设比较阈值;

[0029] 在确定所述比较器的预设参考阈值大于对应的理论参考阈值时,控制减小所述比较器的预设比较阈值。

[0030] 本发明实施例还提供了一种用于流水线型模数转换电路的校准装置,其中,所述流水线型模数转换电路包括第一级转换模块和级联的具有至少一级转换模块的后端转换模组,所述第一级转换模块包括由至少一个比较器构成的子模数转换单元;所述校准装置包括:

[0031] 信号生成模块,适于生成测试模拟信号并输入至所述流水线型模数转换电路中所述第一级转换模块;

[0032] 偏差确定模块,适于获取所述第一级转换模块输出的与所述比较器输出端跳转信号对应的跳转输出电压;根据所述跳转输出电压判定所述比较器的预设参考阈值是否相对于理论参考阈值存在偏差;

[0033] 偏差调节模块,适于当所述偏差确定模块确定所述比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值存在偏差时,调整所述比较器的预设比较阈值。

[0034] 可选地,所述偏差确定模块,包括:

[0035] 数字信息获取单元,适于根据所述跳转输出电压确定与所述第一级转换模块对应的跳转数字信息;

[0036] 偏差计算单元,适于根据所述数字信息获取单元获取的所述跳转数字信息,确定所述第一级转换模块的测量输出区间是否与理论输出区间一致,并当二者不一致时,确定所述比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值存在偏差。

[0037] 可选地,所述数字信息获取单元包括:数字计算子单元,适于获取与所述跳转输出电压对应的数字残差信息,以及所述后端转换模组输出的与所述测试模拟信号对应的测试数字信息;并根据所述数字残差信息以及所述测试数字信息,确定与所述第一级转换模块对应的跳转数字信息。

[0038] 可选地,所述偏差确定模块包括:比较单元,适于比较所述跳转输出电压与预设输出电压阈值,基于比较结果输出相应的反馈信号,其中当二者不一致时,确定所述比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值存在偏差。

[0039] 可选地,所述偏差调节模块,适于当确定所述比较器的预设参考阈值小于对应的理论参考阈值时,控制增大所述比较器的预设比较阈值;以及当确定所述比较器的预设参考阈值大于对应的理论参考阈值时,控制减小所述比较器的预设比较参考阈值。

[0040] 可选地,所述比较器包括:

[0041] 预放大部件,其第一输入端适于输入对应的预设参考阈值,其第二输入端适于输入所述测试模拟信号,其第一输出端适于输出所述预设参考阈值对应的放大信号,其第二输出端适于输出所述测试模拟信号对应的放大信号;

[0042] 锁存部件,其第一输入端与所述预放大部件的第一输出端耦接;其第二输入端与所述预放大部件的第二输出端耦接,其输出端适于基于所述第一输入端和所述第二输入端的大小关系,输出比较结果。

[0043] 可选地,所述偏差调节模块包括:

[0044] 电荷储能单元组,包括多个第一电荷储能单元和多个第二电荷储能单元,其中:各所述第一电荷储能单元分别耦接于所述预放大部件的第一输出端与地之间,各所述第二电荷储能单元分别耦接于所述预放大部件的第二输出端与地之间;

[0045] 开关单元组,包括多个第一开关和多个第二开关,其中:各所述第一开关分别耦接于相应第一电荷储能单元与地之间,各所述第二开关分别耦接于相应的第二电荷储能单元与地之间;

[0046] 开关控制单元,适于在确定所述比较器的预设参考阈值小于所述比较器的理论参考阈值时,导通所述预放大部件的第一输出端耦接的部分或全部第一电荷储能单元与地之间的第一开关;以及在确定所述比较器的预设参考阈值小于对应比较器的理论参考阈值时,导通所述预放大部件的第一输出端耦接的部分或全部第二电荷储能单元与地之间的第二开关。

[0047] 本发明实施例还提供了一种雷达,包括:探测装置、模数转换电路和前述任一实施例所述的校准装置;其中:

[0048] 所述探测装置,适于采集回波信号,并向所述模数转换电路输出待处理模拟信号;

[0049] 所述模数转换电路,适于对所述探测装置的待处理模拟信号或者所述校准装置的测试模拟信号进行模数转换;其包括流水线型模数转换电路,其中,所述流水线型模数转换电路包括第一级转换模块、与其级联的具有至少一级转换模块的后端转换模组和数字计算模块;

[0050] 所述校准装置,适于通过向所述流水线型模数转换电路输入测试模拟信号对所述流水线型模数转换电路进行孔径误差校准。

[0051] 可选地,所述雷达还包括:控制装置,适于在所述雷达上电后,控制所述校准装置对所述流水线型模数转换电路进行校准,并在符合校准结束条件后,控制所述校准装置结束校准,并使所述模数转换电路对待处理模拟信号进行模数转换处理。

[0052] 对于无采样保持结构的流水线型模数转换电路,采用本发明实施例的校准方案,通过向其第一级转换模块输入测试模拟信号,并获取所述第一级转换模块输出的与第一级转换模块中子模数转换单元的比较器输出端跳转信号对应的跳转输出电压,进而根据所述跳转输出电压判定所述比较器的预设参考阈值是否相对于理论参考阈值存在偏差,当确定所述比较器预设参考阈值相对于理论参照阈值存在偏差时,调整所述比较器的预设比较阈值,通过上述校准方案,可以准确识别出所述无采样保持结构的流水线型模数转换电路中第一级转换模块中子模数转换单元的比较器的预设参考阈值是否存在偏差并相应调整,从而可以避免所述第一级转换模块的传输曲线跳变电平发生平移,故可以降低孔径误差的影

响,提高所述无采样保持结构的流水线型模数转换电路的精度。

附图说明

[0053] 为了更清楚地说明本说明书实施例的技术方案,下面将对本说明书实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面所描述的附图仅仅是本说明书的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0054] 图1示出了一种现有技术的流水线型模数转换电路的框架结构示意图。

[0055] 图2示出了另一种现有技术的流水线型模数转换电路的框架结构示意图。

[0056] 图3示出了一种图1和图2中采用的子模数转换单元的结构示意图。

[0057] 图4示出了本发明实施例中转换模块的传输特性曲线的示意图。

[0058] 图5示出了本发明实施例中一种用于流水线型模数转换电路的校准装置的结构示意图。

[0059] 图6a示出了本发明实施例中应用的一种斜坡发生器的电路结构示意图。

[0060] 图6b是图6a所示斜坡发生器电路输出的模拟信号的波形图。

[0061] 图7a示出了本发明实施例中一种偏差确定模块的结构示意图。

[0062] 图7b示出了本发明实施例中另一种偏差确定模块的结构示意图。

[0063] 图8示出了本发明实施例中一种用于流水线型模数转换电路的校准场景示意图。

[0064] 图9示出了本发明实施例中一种偏差调节模块的结构示意图。

[0065] 图10示出了本发明实施例中一种用于流水线型模数转换电路的校准方法的流程图。

[0066] 图11示出了本发明实施例中一种判定比较器的预设参考阈值是否存在偏差的流程图。

[0067] 图12示出了一种七级流水线型模数转换电路的结构示意图。

[0068] 图13示出了本发明实施例中的一种雷达的结构示意图。

具体实施方式

[0069] 为使本领域技术人员更加清楚地了解及实施本说明书提供的方案,以下先结合附图及具体应用场景,对现有的流水线型模数转换电路进行示意性描述。

[0070] 参照图1所示的现有技术的一种流水线型模数转换电路的结构示意图,在实际应用中,如图1所示,流水线型模数转换电路P0包括:时钟生成子电路01、带隙基准子电路02、采样保持放大模块03、N个级联的转换模块Stage1~StageN以及数字计算模块04。以下分别对其中各个组成部分进行简要说明。

[0071] 所述时钟生成子电路01,作为所述流水线型模数转换电路P0的时钟源,适于生成多个相位不交叠的时钟信号,并分别向采样保持放大模块03和各级转换模块Stage1~StageN提供相位不交叠的多个时钟信号,从而利用不同的时序控制采样保持放大模块03和各级转换模块中的器件进行交替工作。

[0072] 所述带隙基准子电路02,作为所述流水线型模数转换电路P0的参考信号源,适于生成参考电流和参考电压,并分别向采样保持放大模块03和各级转换模块Stage1~StageN

提供生成的参考电流和参考电压。

[0073] 具体地,在一可选示例中,如图1所示,所述带隙基准子电路02可以包括:带隙生成模块021、参考电流生成模块022和参考电压生成模块023。其中:

[0074] 所述带隙生成模块021,作为所述流水线型模数转换电路P0的带隙基准源(Bandgap),适于提供对温度不敏感的基准电信号,如基准电压信号和基准电流信号。

[0075] 所述参考电流生成模块022,作为所述流水线型模数转换电路P0的参考电流源,适于根据基准电信号生成参考电流,并分别向采样保持放大模块03和各级转换模块Stage1~StageN提供生成的参考电流。

[0076] 所述参考电压生成模块023,作为所述流水线型模数转换电路P0的参考电压源,适于根据基准电信号生成参考电压,并分别向采样保持放大模块03和各级转换模块Stage1~StageN提供生成的参考电压。

[0077] 进一步地,由于参考电压通常用于驱动电容,而电容存在充电时间和放电时间,为了使电容能够进行高效的充放电操作,为参考电压生成模块023提供精准的建立时间,所述带隙基准子电路02还可以包括参考电压缓冲模块024,适于对所述参考电压生成模块023输出的参考电压进行缓冲。其中,参考电压缓冲模块024具体可以包括缓冲器(Reference Buffer)。

[0078] 此外,由于流水线型模数转换电路通常需要两个不同电平的参考电压,例如一个正电平的参考电压和一个负电平的参考电压,为此,参考电压生成模块023可以通过电平移位来产生两个不同电平的参考电压,由此,通过参考电压缓冲模块024可以确保参考电压生成模块023输出的参考电压的精度和建立时间。

[0079] 所述采样保持放大模块03,适于对输入所述流水线型模数转换电路P0的模拟信号进行采样,得到模拟保持信号VC,并稳定保持模拟保持信号VC的幅值,直至下一个采样阶段到来,进行下一次采样。由此,确保后续各级联的转换模块Stage1~StageN进行处理时不会产生时间偏差。其中,所述采样保持放大模块03可以包括采样保持放大器(Sample/Hold Amplifier,SHA)。

[0080] 可以理解的是,上述采样的实施方式可根据具体场景和需求进行设定,本说明书对此不做限制。

[0081] 所述N个级联的转换模块Stage1~StageN,具体可以按照各转换模块的级联顺序设定各转换模块的等级,如图1中,转换模块Stage1为第一级,转换模块Stage2为第二级等。在各转换模块Stage1~StageN中,第一级的转换模块Stage1至第N-1级的转换模块StageN-1采用相同的内部结构。以第一级的转换模块Stage1为例进行描述,如图1所示,所述转换模块Stage1可以包括:子模数转换单元(Sub-ADC)11和增益数模转换单元(Multiplying Digital to Analog Converter,MDAC)12。

[0082] 所述子模数转换单元11可以对其接收到的输入信号进行采样、量化和编码,得到第一级温度计码DS1,并分别将第一级温度计码DS1输出至增益数模转换单元12和数字计算模块04。其中,子模数转换单元11能够生成的温度计码数量与子模数转换单元的精度相关。如子模数转换单元11的精度为x比特位,则该子模数转换单元11能够生成 2^x-1 位的温度计码。

[0083] 所述增益数模转换单元12具体可以包括:运算单元121、子数模转换单元(Sub-

DAC) 122和放大单元123。其中,通常增益数模转换单元12的精度与子模数转换单元11的精度一致。如子模数转换单元11的精度为x比特位,则该增益数模转换单元12的精度通常也为x比特位。

[0084] 具体地,所述子模数转换单元122适于接收所述子模数转换单元11输出的第一级温度计码DS1,并将第一级温度计码DS1转换为对应的第一级模拟分量,并输出至所述运算单元121。所述运算单元121适于接收采样保持放大模块输出的模拟保持信号VC和所述子模数转换单元11输出的第一级模拟分量,并从模拟保持信号VC中减去第一级模拟分量,得到运算结果,以及将运算结果输出至所述放大单元123。所述放大单元123适于接收所述运算单元121输出的运算结果,并将运算结果进行放大,得到以模拟残差量为幅值的第一级模拟残差信号VR1,并输出至第二级转换模块Stage2。其中,所述放大单元可以为运算跨导放大器(Operational Transconductance Amplifier,OTA)。

[0085] 转换模块Stage2~StageN-1也包括子模数转换单元和增益数模转换单元,具体结构及功能、工作原理等可参考以上转换模块Stage1的相关描述,在此不再赘述。

[0086] 由此,转换模块Stage2~StageN-1根据接收的输入信号(即上一级转换模块输出的信号),可以得到对应级别的温度计码和模拟残差信号,并向所述数字计算模块04输出对应级别的温度计码,以及向下一级转换模块输出对应级别的模拟残差信号,具体可参考图1,转换模块Stage2向所述数字计算模块04输出第二级温度计码DS2,并向下一级转换模块(图1中未示出)输出第二级模拟残差信号VR2,以此类推,转换模块StageN-1向所述数字计算模块04输出第N-1级温度计码DSN-1,并向下一级转换模块StageN输出第N-1级模拟残差信号VRN-1。

[0087] 对于第N级的转换模块StageN,由于是N个级联的转换模块中的最后一个,转换模块StageN可以仅包括子模数转换单元(图1中未示出),根据第N-1级转换模块StageN-1输出的模拟残差信号,向所述数字计算模块04输出第N级温度计码DSN。

[0088] 需要说明的是,各级转换模块Stage1~StageN分别输出的温度计码的位数可以根据具体场景和需求进行设定,各级别的转换模块可以输出相同位数的温度计码,也可以输出位数不同的温度计码,本说明书对此不做具体限制。

[0089] 所述数字计算模块04,适于将各级转换模块输出的温度计码按照级别进行错位相加,从而将不同级转换模块在不同时刻得到的温度计码进行时间对齐,并进行二进制转换,得到二进制的输出码。其中,数字计算模块04生成的输出码的数量与数字计算模块04的精度相关。如该数字计算模块04的精度为m比特位,则数字计算模块04可以生成 2^m-1 种输出码。此外,数字计算模块04的精度可以表征该流水型模数转换电路P0的精度。

[0090] 然而,由于采样保持模块通常会占用电路较大的功耗,为了节省功耗,某些流水线型模数转换电路中取消了采样保持模块,直接将模拟信号输入至第一级的转换模块。如图2所示的一种未包含采样保持模块的流水线型模数转换电路的结构示意图,其中包括流水线型模数转换电路P1,除了未包含采样保持放大模块03外,其他结构、各模块的连接关系及工作原理均可以参照图1所示的流水线型模数转换电路P0的介绍,此处不再一一介绍。

[0091] 在介绍了现有的流水线型模数转换电路的框架后,以下通过具体实施例,对子模数转换单元和增益数模转换单元的具体硬件结构和连接关系等进行说明。

[0092] 需要说明的是,以下示例中的子模数转换单元和增益数模转换单元仅用于示例性

说明现有技术中存在的问题。在实际应用中,转换模块Stage1~StageN中可以包括如下类型的子模数转换单元和增益数模转换单元,也可以采用结构类似或者结构不同的子模数转换单元和增益模数转换单元,本说明书实施例中对此不作任何限制。

[0093] 在理想状态下,流水线型模数转换电路中各转换模块的输入输出为线性关系,斜率即为理论增益。其中,每个子模块转换单元负责进行比较操作。

[0094] 在理想ADC中,每级的输入和输出都应该小于满量程,使得本级的输出信号范围不会超过下级的输入范围,这是因为当输入信号超过量程之后,超过量程的部分是无法进行量化的,这会造成部分信号丢失。

[0095] 在实际应用中,由于各种非理性因素的作用,可能会导致本级MDAC的模拟输出信号超出下级的输入范围,致使下级MDAC无法正确处理上一级输出信号,导致模数转换电路数值输出丢失,流水线ADC的性能降低。

[0096] 为了确保本级MDAC的输出不会超过下级输出的最大量程,通常可以采取减小级间增益并采用冗余位数字校正的方法。

[0097] 例如,图4所示的转换模块的传输特性曲线的示意图,若转换模块采用满量程增益(对应放大倍数为8倍),即理论输入输出曲线的最大输出值位于理论模拟域输出范围的边界上;而若减小每级别的放大倍数,例如将第二级MDAC的放大倍数变为4倍,如图4实线所示,并通过增加级联,留出每一级的测量裕量,使得即使比较器的参考阈值发生改变,也可以被测量得到。

[0098] 例如,3比特的Sub-ADC输出范围为0~7,而4比特的Sub-ADC输出范围为0~15,因此采用4比特的Sub-ADC输出原本3比特范围的输出时,仅会占据4比特一半的量程。即使某些情况下输出可能略大,例如波动到8~9,由于依然在Sub-ADC的输出范围内,因此依然能够被测量并读出。

[0099] 在一可选示例中,如图3所示的一种子模数转换单元的结构示意图,其中包括一精度为K-1比特的Sub-ADC 11,其包括K个电阻 R_1 、 R_2 至 R_{K-2} 、 R_{K-1} 和 R_K ,K-1个比较器 C_1 、 C_2 至 C_{K-2} 和 C_{K-1} 。

[0100] 结合参考图1、图2和图3,在所述Sub-ADC 11中,电阻 R_k 的一端接入第一参考电压Vref1,电阻 R_1 的一端接入第二参考电压Vref2,K个电阻 R_1 至 R_k 依次串联,其中,第一参考电压Vref1大于第二参考电压Vref2。由此,K个电阻将第一参考电压Vref1和第二参考电压Vref2形成的电压差进行分压。

[0101] 所述K-1个比较器 C_1 至 C_{K-1} ,其一个输入端分别耦接于不同的两个电阻之间,从而分别接入电压值依次增大的比较参考电压,另一个输入端接入输入信号 V_{in} ,其中,输入信号 V_{in} 可以为采样保持放大电路输出的模拟保持信号或者上一级转换模块输出的信号。各比较器 C_1 至 C_{K-1} 分别对其接入的比较参考电压和输入信号 V_{in} 的幅值进行比较,得到比较结果d1~dk-1,将比较结果d1~dk-1作为温度计码输出至数字计算模块04。

[0102] 其中,根据K-1个比较器 C_1 至 C_{K-1} 接入的比较参考电压的大小顺序,各比较器 C_1 至 C_{K-1} 输出的比较结果d1~dk-1从低到高进行排列,即比较器 C_1 输出的比较结果d1为温度计码的最低有效位,比较器 C_{K-1} 输出的比较结果dk-1为最高有效位。并且,由于各比较器 C_1 至 C_{K-1} 分别接入的比较参考电压逐依次增大,因此,根据输入信号 V_{in} 的幅值大小,温度计码从最低有效位开始变化,且只有当温度计码中低一级有效位的逻辑值(如逻辑值为“1”)表征

输入信号 V_{in} 的幅值大于相应的比较参考电压的比较结果后,温度计码中高一级有效位的逻辑值才可能发生改变,例如,随着输入信号 V_{in} 的幅值增大,温度计码可以从“00……01”变为“00……11”,但是不会变为“00……10”。

[0103] 例如,对于精度为10比特的ADC,其测量范围为0~1023。在仅做分级的情况下,例如,第一级转换模块Stage1采用3比特的Sub-ADC 11进行测量,则其中包含7个比较器,亦即将数字0~1023均分为八个区间,这八个区间例如可以分别编号标记为000,001,010,直至111。当确定当前信号采样值落入某一区间,例如落入010对应的区间时(对应于0~1023中的256~383区段),为便于后续转换模块中的Sub-ADC采样,可以采用OTA将该区间的信号放大8倍,并仍采用一个3比特的Sub-ADC对放大后的区间进行采样,假定此时落入第二级编码区间为001,此时再用一级4比特的Sub-ADC,即可确定其具体对应的值,例如此时对应0001的区间,即可确定当前的信号采样值为273。

[0104] 对于如图2示例的不包含采样保持模块的流水线型模数转换电路,由于模拟信号会随着时间的波动变换,在第一级转换模块内,所述Sub-ADC与所述MDAC两者之间的采样路径存在带宽失配,从而会产生孔径误差。

[0105] 孔径误差会导致转换模块的传输特性曲线的跳变电平的位置发生平移,对应的输出电压范围则会增大。换一个角度而言,可以等效为Sub-ADC内比较器的参考阈值变大或变小。如图4所示,其中实线为所述转换模块Sub-ADC的传输特性曲线,所述传输特性曲线中输出电压信号 V_{out} 在发生跳转时对应的输入电压值为相应比较器的预设比较阈值。其中,该Sub-ADC传输特性曲线可基于理论设计确定,或者,根据前一次校准的记录信息确定。

[0106] 从信号传输的角度而言,当输入电压信号 V_{in} 的值为 V_a 时,此时超过相应比较器预设参考阈值 V_3 ,如图4所示,若输出值 V_{out} 仍处于横轴上方,则可以认为此时比较器实际的比较阈值向右移动且测量范围变大。此时,通过将该比较器的比较阈值 V_3 调小,可以使其测量范围与实线一致。

[0107] 具体地,基于转换模块的传输特性,通过向第一级转换模块输入测试模拟信号,继而根据所述第一级转换模块输出的跳转输出电压,判定所述第一级转换模块的子模数转换单元中相应比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值是否存在偏差,并在存在偏差时,调整所述比较器的预设比较阈值。从而降低孔径误差的影响,提高流水线型模数转换电路的精度。

[0108] 为使本领域技术人员更好地理解本发明实施例的发明构思、技术方案、原理及有益效果,以下参照附图,通过具体应用场景进行详细描述。

[0109] 首先,本发明实施例所适用的流水线型模数转换电路可以包括第一级转换模块和与其级联的具有至少一级转换模块的后端转换模组,其中所述第一级转换模块可以包括由至少一个比较器组成的子模数转换单元。

[0110] 如前所述,由于孔径误差,可能导致的流水线型模数转换电路的传输特性曲线移位,进而可能影响其精度。为此,本发明实施例提供了一种用于流水线型模数转换电路的校准装置,如图5所示,校准装置A0可以与待校准的流水线型模数转换电路ADC0耦接,其中所述流水线型模数转换电路ADC0包括第一级转换模块Stage1和级联的具有至少一级转换模块(例如包括第二级转换模块至第N级转换模块Stage2~StageN, $N \geq 2$)的后端转换模组StageB,所述第一级转换模块Stage1包括由至少一个比较器(未示出)构成的子模数转换单

元Sub-ADC,本发明实施例应用的具体流水线型模数转换电路的结构可以参照图2、图8、图12等具体应用示例,这里仅示出其中与孔径误差校准相关的一些模块及部件。

[0111] 继续参照图5,所述校准装置A0可以包括:信号生成模块A1、偏差确定模块A2及偏差调节模块A3,其中:

[0112] 所述信号生成模块A1,适于生成测试模拟信号并输入至所述流水线型模数转换电路ADC0中所述第一级转换模块Stage1;

[0113] 所述偏差确定模块A2,适于获取所述第一级转换模块Stage1输出的与所述比较器输出端跳转信号对应的跳转输出电压;根据所述跳转输出电压判定所述比较器的预设参考阈值是否相对于理论参考阈值存在偏差;

[0114] 所述偏差调节模块A3,适于当所述偏差确定模块A2确定所述比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值存在偏差时,调整所述比较器的预设比较阈值。

[0115] 采用上述校准装置A0,通过信号生成模块A1生成测试模拟信号后直接输入所述第一级转换模块Stage1,而后由所述偏差确定模块A2获取所述第一级转换模块Stage1输出的与所述比较器输出端跳转信号对应的跳转输出电压,进而根据所述跳转输出电压判定所述比较器的预设参考阈值是否存在偏差,并在确定存在偏差时,由所述偏差调节模块A3调整所述比较器的预设比较阈值。

[0116] 为使本领域技术人员更好地理解 and 实施,以下示出一些各模块的具体应用示例。

[0117] 首先,所述信号生成模块A1,具体可以为信号发生器。如前所述,所述测试模拟信号可以为单一方向变化的线性模拟信号、单一方向变化的非线性模拟信号、多方向变化的线性模拟信号、多方向变化的非线性模拟信号等。

[0118] 在一可选示例中,所述信号生成模块A1具体可以通过斜坡发生器(Ramp Generator)生成测试模拟信号,如图6a所示的一种斜坡发生器的电路结构示意图,恒流源S1向电容C1供应电流I,使得电容C1积分生成电压 v_t ,并为晶体管M1栅极、驱动器AMP1的一个输入端和滞回比较器AMP2的一个输入端提供电压;晶体管M1的源极与另一个恒流源S2连接,恒流源S2输出电流 $2I$;晶体管M1的栅极连接滞回比较器AMP2的输出端;滞回比较器AMP2的另一个输入端接入参考电压 V_{CM} ;驱动器AMP1的输出端输出模拟信号 V_{OUT} ;驱动器AMP1的输出端还通过电容C2接地,实现降噪。

[0119] 通过滞回比较器AMP2控制晶体管M1断开和导通,使得电容C1进行充电和放电,从而在驱动器AMP1的输出端形成线性递增和递减的模拟信号 V_{OUT} 。参照图6b,为图6a所示斜坡发生器电路输出的模拟信号的波形图,其中 V_{0+} 和 V_{0-} 表示模拟信号的峰值,模拟信号 V_{OUT} 线性变化的斜率为 I/C 。

[0120] 根据斜坡发生器生成的模拟信号与时间的线性关系,可以在指定时间段将斜坡发生器的输出端与流水线型模数转换电路的输入端连接,从而将斜坡发生器在该时间段生成的模拟信号作为测试模拟信号输入流水线型模数转换电路。其中,指定时间段可以对应斜坡发生器生成单一方向变化的模拟信号的时间段(如图6b中区域①的部分模拟信号,区域②的部分模拟信号等),也可以对应斜坡发生器生成多方向变化的模拟信号的时间段(如图6b中区域①和区域②的部分模拟信号等)。

[0121] 在本发明一些实施例中,参照图7a,所述偏差确定模块A2,可以包括:数字信息获取单元A21和偏差计算单元A22,其中:

[0122] 所述数字信息获取单元A21,适于根据所述跳转输出电压确定与所述第一级转换模块Stage1对应的跳转数字信息;

[0123] 所述偏差计算单元A22,适于根据所述数字信息获取单元A21获取的所述跳转数字信息,确定所述第一级转换模块Stage1的测量输出区间是否与理论输出区间一致,并当二者不一致时,确定所述比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值存在偏差。

[0124] 作为一具体示例,所述数字信息获取单元A21可以包括:数字计算子单元(未示出),适于获取与所述跳转输出电压对应的数字残差信息,以及所述后端转换模组StageB输出的与所述测试模拟信号对应的测试数字信息;并根据所述数字残差信息以及所述测试数字信息,确定与所述第一级转换模块Stage1对应的跳转数字信息。

[0125] 在本发明另一些实施例中,如图7b所示,所述偏差确定模块A2可以包括:比较单元A23,适于比较所述跳转输出电压与预设输出电压阈值,基于比较结果输出相应的反馈信号,其中当二者不一致时,确定所述比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值存在偏差。

[0126] 在具体实施中,所述比较单元A23为一将所述跳转输出电压(即所述第一转换模块Stage1输出的模拟电压信号)与所述预设的输出电压阈值进行比较的电路或器件,其两路输入均为模拟信号,输出则为0或者1的二进制数字信号作为所述反馈信号。例如,若输出电平为1,则确定所述第一转换模块Stage1的子模数转换单元中相应的比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值存在偏差。

[0127] 参照图8所示的一种用于流水线型模数转换电路的校准场景示意图,其中,包括七级流水线型模数转换电路8A,采用这里示出的是双输入差分结构,其包括第一级转换模块STAGE1以及由第二至五级转换模块STAGE2~5和最后一级转换模块FLASH ADC组成的后端转换模组Backend-ADC。其中,所述第一级转换模块STAGE1为无采样保持模块结构的转换模块SHA-LESS,其中子模数转换单元具体可以为例如快闪型模数转换器FLASH ADC,增益数模转换单元MDACO包括运算器ALU、子数模转换器DAC及运算放大器OTA,这里对增益数模转换单元MDACO不展开详细描述,具体可参见前述实施例。

[0128] 其中,快闪型模数转换器FLASH ADC,可以包括参考电压产生电路(其可以由一串电阻分压)、比较器阵列及编码电路,其中参考电压产生电路及比较器阵列的具体实现可以参照图3所示,编码电路未示出。以一个N位快闪型模数转换器为例,电阻分压产生 2^N-1 个参考电压,将模数转换器FLASH ADC的满量程等分成 2^N-1 个区间。模数转换器FLASH ADC的输入信号通过比较器与这些参考电压进行比较,比较后输出的温度计编码经过二进制编码器得到最终的N位二进制数字输出。

[0129] 针对所述七级流水线型模数转换电路8A,在本发明一些实施例中,采用的校准装置中包括:信号生成装置RAMP GENERATOR、比较器CMP以及设置于所述快闪型模数转换器FLASH ADC内部的偏差调节模块(未示出)。

[0130] 其中,由所述信号生成装置RAMP GENERATOR生成输入至所述第一级转换模块STAGE1的测试模拟信号Analog Input,所述测试模拟信号Analog Input输入至所述七级流水线型模数转换电路8A后,由所述第一级转换模块STAGE1处理后输出至与其耦接的后端转换模组Backend-ADC。

[0131] 所述比较器CMP作为比较单元A23的具体示例,如图8所示,针对双输入差分结构的模数转换电路8A,其可以为4输入1输出型模拟器件,其中,两路输入In1、In2的信号来自

所述第一级模数转换模块STAGE1,另两路输入为基准信号Vref1、Vref2,其输出可以作为所述偏差调节模块的控制信号。更具体地,可以将所述第一输入端In1的信号与所述基准信号Vref1进行比较,基于比较结果由输出端out0输入第一路输入信号对应的反馈信号;以及将所述第二输入端In2的信号与所述基准信号Vref2进行比较,基于比较结果由输出端out0输入第二路输入信号对应的反馈信号。可以理解的是,在具体实施中,所述偏差确定模块A2也可以同时包括所述比较单元A23以及所述数字信息获取单元A21和偏差计算单元A22,用户可以根据需要配置选择使用所述比较单元A23或者选择所述数字信息获取单元A21和偏差计算单元A22。

[0132] 在具体实施中,所述偏差调节模块A3,适于当确定所述比较器的预设参考阈值小于对应的理论参考阈值时,控制增大所述比较器的预设比较阈值;以及当确定所述比较器的预设参考阈值大于对应的理论参考阈值时,控制减小所述比较器的预设比较参考阈值。

[0133] 在具体实施中,包括第一级转换模块在内的各级转换模块中的子模数转换单元中的比较器具体可以采用如下结构,如图9所示的一种比较器的结构示意图,其中比较器CMP0包括预放大部件Pre-amp0以及锁存部件Latch0,其中:

[0134] 所述预放大部件Pre-amp0,其第一输入端适于输入对应的预设参考阈值,其第二输入端适于输入所述测试模拟信号,其第一输出端适于输出所述预设参考阈值对应的放大信号,其第二输出端适于输出所述测试模拟信号对应的放大信号;

[0135] 所述锁存部件Latch0,其第一输入端与所述预放大部件的第一输出端耦接;其第二输入端与所述预放大部件的第二输出端耦接,其输出端适于基于所述第一输入端和所述第二输入端的大小关系,输出比较结果。

[0136] 基于上述比较器CMP0的结构,以下示出一种调节模块具体的电路结构,偏差调节模块具体可以包括:电荷储能单元组、开关单元组和开关控制单元,以下示出一种偏差调节模块具体的电路结构,参照图9所示的偏差调节模块A3,其中除了开关控制单元A3c,所述电荷储能单元组具体可以通过多个电荷储能单元如电容来实现。所述开关单元组具体可以通过多个开关,如晶体管或其他类型的能够实现开关功能的器件实现。

[0137] 如图9所示,所述电荷储能单元组,具体包括多个第一电荷储能单元C1N~CkN和多个第二电荷储能单元C1P~CkP,其中:各所述第一电荷储能单元C1N~CkN分别耦接于所述预放大部件Pre-amp0的第一输出端与地之间,各所述第二电荷储能单元分别耦接于所述预放大部件的第二输出端与地之间。

[0138] 所述开关单元组,如图9所示,具体包括多个第一开关S1N~SkN和多个第二开关S1P~SkP,其中:各所述第一开关S1N~SkN分别耦接于相应第一电荷储能单元C1N~CkN与地GND之间,各所述第二开关SW1P~SWkP分别耦接于相应的第二电荷储能单元C1P~CkP与地之间。

[0139] 所述开关控制单元A3c,适于在确定所述比较器CMP0的预设参考阈值小于所述比较器CMP0的理论参考阈值时,导通所述预放大部件Pre-amp0的第一输出端耦接的部分或全部第一电荷储能单元C1N~CkN与地GND之间的第一开关S1N~SkN;以及在确定所述比较器CMP0的预设参考阈值大于对应比较器CMP0的理论参考阈值时,导通所述预放大部件Pre-amp0的第一输出端耦接的部分或全部第二电荷储能单元C1P~CkP与地之间的第二开关S1P~SkP。

[0140] 需要说明的是,图9所示的第一电荷储能单元和第二电荷储能单元的数量相同,所述第一开关和所述第二开关的数量也相同。可以理解的是,在具体实施中,所述第一电荷储能单元和第二电荷储能单元的数量也可以不相同,所述第一开关和所述第二开关的数量也可以不相同。

[0141] 如前所述,图2所示的流水线型模数转换电路可以作为本发明实施例校准方案适用的一种流水线型模数转换电路结构。可以理解的是,本发明实施例所适用的流水线型模数转换电路并不限于以上结构,其可以具有部分部件,也可以包括根据实际需要扩展或优化的电路模块或器件,只要其中不包含实现采样保持功能的电路模块或元器件即可。

[0142] 参照图10所示的校准方法的流程图,以下介绍本发明实施例对其孔径误差进行校准的方法,具体步骤如下:

[0143] S11,向所述第一级转换模块输入所述测试模拟信号。

[0144] 在具体实施中,可以在采用所述流水线型模数转换电路进行模数转换操作前采用本发明实施例中的方法进行校准,或者按照预设的周期或者频率进行校准,或者根据需要人为启动本发明实施例的校准方法。在启动校准后,首先可以向所述流水线型模数转换电路输入测试模拟信号,更具体而言,是向所述第一级转换模块输入所述测试模拟信号。

[0145] 所述测试模拟信号可以为单一方向变化的模拟信号,也可以为多方向变化的模拟信号;并且,所述测试模拟信号可以为线性变化的模拟信号,也可以为非线性变化的模拟信号。例如,所述测试模拟信号可以为单一方向变化的线性模拟信号、单一方向变化的非线性模拟信号、多方向变化的线性模拟信号、多方向变化的非线性模拟信号等,本说明书对此不作具体限制。

[0146] 其中,测试模拟信号可以通过信号发生器生成。此外,线性模拟信号便于生成和控制,更有有利于实施本说明书实施例提供的校准方法。作为本发明的优选方案,采用单一方向变化的线性模拟信号作为所述测试模拟信号用于孔径误差校准。

[0147] S12,获取所述第一级转换模块输出的与所述比较器输出端跳转信号对应的跳转输出电压。

[0148] 在具体实施中,包括第一级转换模块在内的各级转换模块的子模数转换单元中可能包括至少一个比较器,参照图3和图5,在输入电压信号 V_{in} 达到相应的比较器的比较阈值时,所述比较器的输出端信号会发生跳转,相应地,所述转换模块的输出电压 V_{out} 也会发生跳转,为描述方便,将所述转换模块输出的与相应比较器输出端跳转信号对应的输出电压称为跳转输出电压,如图4所示,实线所描述的传输特性曲线对应的跳转输出电压为 $\pm 0.5V_{ref}$ 。

[0149] 在具体实施中,可以通过传感器实时监测所述第一转换模块随所述测试模拟信号的变化曲线,当检测到所述第一级转换模块输出端的信号发生跳转时,即检测到输出端电压跳转时刻的跳转输出电压作为所述第一级转换模块输出的与所述比较器跳转信号对应的跳转输出电压。

[0150] 在具体校准过程中,为便于实施,并提高校准效率,在步骤S11中,可以按照输入电压 V_{in} 从 $-V_{ref}$ 至 $+V_{ref}$ 逐步变化的过程,逐个获取所述第一级转换模块的子模数转换单元中每个比较器输出端跳转信号对应的跳转输出电压,并采用后续步骤逐个校准。

[0151] 作为一优选示例,可当输入电压 V_{in} 为靠近各个比较器的阈值点电压(具体可以是

略低于或/和略高于各比较器相应的阈值点电压,例如可以是以所述阈值点电压为中心的一个测量区间)时,获取相应的跳转输出电压,以判断当前的阈值点电压是否需要调整。

[0152] S13,根据所述跳转输出电压判定所述比较器的预设参考阈值是否相对于理论参考阈值存在偏差。

[0153] S14,当确定所述比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值存在偏差时,调整所述比较器的预设比较阈值。

[0154] 如前所述,由于孔径误差的存在,所述第一级转换模块输出的跳转输出电压可能与理论的跳转输出电压有偏差,例如图4中虚线段所示的传输特性曲线,其实际可能大于理论的参考阈值。而由前述的各转换模块的传输特性曲线可知,在理想状态下,流水线型模数转换电路中各转换模块的输入输出为线性关系,斜率即为理论增益,因此当通过所述第一级转换模块输出的跳转输出电压与相应比较器对应的预设参考阈值不一致时,可以等效为所述比较器的预设比较阈值相对于理论比较阈值存在偏差,因此可以据此调整所述比较器的预设比较阈值,从而降低由于孔径误差导致的转换模块的跳变电平的位置发生平移,从而可以提高所述流水线型模数转换电路的精度。

[0155] 具体而言,参照图4所示的传输特性曲线,若所对应的第一级转换模块中各级比较器对应的理论参考阈值均为 $\pm 0.5V_{ref}$,而实际上可能为实际获取的跳转输出电压,如 V_r 。

[0156] 具体而言:例如,当输入的测试模拟信号的电压值为 V_a 时,所述第一转换模块的输出电压发生跳转,对应的输出电压值为 V_r ,则说明相应比较器的当前实际比较阈值 V_a 大于当前预设的比较阈值 V_3 。

[0157] 由图4所示的转换模块的传输特性曲线可知,对于第一级转换模块,在传输特性曲线斜率未变的情况下,可以等效为所述第一级转换模块的跳转输出电压对应的比较器的预设比较阈值相对于理论比较阈值发生了偏差,若所述第一级转换模块的跳转输出电压不等于 $\pm 0.5V_{ref}$,例如若获取到所述第一级转换模块的跳转输出电压为 V_r ,与所述跳转输出电压相应的比较器的预设参考阈值可以等效为 V_a ,由图4可知直观看出,预设参考阈值 V_a 对应的比较器的理论参考阈值为 V_3 ,二者明显存在偏差。因此通过调整各比较器相应的比较阈值,可以使得所述第一级转换模块的输出更加符合理想的或者说是理论的传输特性曲线,降低甚至消除由于孔径误差而产生的偏移,从而可以提高所述流水线型模数转换电路的转换精度。

[0158] 为使本领域技术人员更好地理解 and 实施,下面就各步骤给出一些可选的示例方式。可以理解的是,在具体实施中,各步骤并不限于以下具体示例。

[0159] 在通过步骤S12获取到所述跳转输出电压后,可以通过步骤S13判定所述比较器的预设参考阈值是否相对于理论参考阈值存在偏差。步骤S13在具体实施中,可能有多种判定方式,以下给出两种示例性方式。一种可以简称为基于数字信号判定方式,另一种可以简称为基于模拟信号判定方式。

[0160] 其中,就所述基于数字信号判定方式而言,即先基于所述获取到的所述跳转输出电压确定所述第一级转换模块对应的跳转数字信息,之后再行判定,如图11所示的判定比较器的预设参考阈值是否存在偏差的流程图,具体可以包括如下步骤:

[0161] S131,根据所述跳转输出电压确定与所述第一级转换模块对应的跳转数字信息。

[0162] 在具体实施中,参照图2,将所述测试模拟信号输入所述流水线型模数转换电路

P1,由所述第一级转换模块的子模数转换单元及增益数模转换单元的运算,得到相应的模拟残差信号并逐级向包括至少一级转换模块的后端转换模组向后传递,之后,可以根据各级转换模块对所述子模数转换单元输出的温度计码,得到所述测试模拟信号对应的输出码,可以作为所述测试模拟信号对应的测试数字信息。另一方面,由于所述第一级转换模块输出的跳转输出电压与所述第一级转换模块之外的后端转换模组的数字信号对应,故可以将所述后端转换模组的数字信号作为所述跳转数据电压对应的数字残差信息,进而可以根据所述数字残差信息及所述测试数字信息,确定所述第一级转换模块对应的跳转数字信息。

[0163] 参照图2,通过步骤S13,一方面可以获取包括转换模块Stage2~StageN在内的后端转换模组输出的数字信号,即与所述跳转输出电压对应的数字残差信息,另一方面,可以获得转换模块Stage1~StageN输出的数字信号,即所述跳转输出电压对应的测试数字信息,因此,根据所述数字残差信息以及所述测试数字信息,可以确定与所述第一级转换模块对应的跳转数字信息。

[0164] S132,根据所述跳转数字信息,确定所述第一级转换模块的测量输出区间是否与理论输出区间一致,并当二者不一致时,执行步骤S133。

[0165] 参照图4,例如可以将所述跳转数字信息与所述第一级转换模块的理论输出区间进行比较,确定二者是否一致,在具体实施中,可以直接将所述跳转数字信息与所述第一级转换模块的理论输出区间的阈值进行比较,确定二者是否一致,若不一致,则可以执行步骤S133。

[0166] S133,确定所述比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值存在偏差。

[0167] 以下以一具体应用场景中的示例进行详细描述。

[0168] 参照图12所示的七级流水线模数转换电路的结构示意图,其中,流水线型模数转换电路P3精度为12比特,其包括七级转换模块即包括第一级转换模块Stage11以及由第二级转换模块Stage2至第七级转换模块Stage7组成的后端转换模组102。更具体而言,第一级转换模块Stage11和第二级转换模块Stage12分别输出3bits的第一级温度计码DS11和第二级DS12;第三级转换模块Stage13至第六级转换模块Stage16分别输出2bits的第三至第六级温度计码DS13至DS16;第七级转换模块Stage17输出4bits的第七级温度计码DS17。

[0169] 对照表1

[0170]

各级温度 计码	各级温度计码中的有效位											当前数字 域权重	
DS11	d12	d11	d10										512
DS12			d22	d21	d20								128
DS13					d31	d30							64
DS14						d41	d40						32
DS15							d51	d50					16
DS16								d61	d60				8
DS17									d73	d72	d71	d70	1

[0171] 在数值计算模块103对第一级转换模块Stage12至第七级转换模块Stage17的温度计码DS11~DS12进行错位相加时,各级温度计码之间存在部分位重合,从而得到12bits的输出码。具体可参照以下对照表1。其中,d12~d10表征第一级温度计码DS11的最高有效位至最低有效位,依次类推,d20~d73分别表征第二级温度计码DS12至第七级温度计码DS17中具体包含的位。此外,对照表1还示出了第一级转换模块Stage12至第七级转换模块Stage17对应的数字域权重分别为512、128、64、32、16、8、1。

[0172] 根据上述对照表1可以得出,前一级温度计码的最低有效位和后一级温度计码的最高有效位重合,数值计算模块103根据对照表1示出的重合关系进行错位相加,可以得到12bits的输出码DSC。

[0173] 并且,根据第一级转换模块Stage12至第七级转换模块Stage17当前的数字域权重,通过以下公式可以计算得到12bits输出码对应的数字输出信息DOUT:

[0174] $DOUT = (d12*4+d11*2+d10*1) * 512 +$

[0175] $(d22*4+d21*2+d20*1) * 128 +$

[0176] $(d31*2+d30*1) * 64 +$

[0177] $(d41*2+d40*1) * 32 +$

[0178] $(d51*2+d50*1) * 16 +$

[0179] $(d61*2+d60*1) * 8 +$

[0180] $(d73*8+d72*4+d71*2+d70*1) * 1。$

[0181] 所述测试模拟信号对应的数字输出信息DOUT即为所述测试数字信息。

[0182] 获取后端转换模组102中各级转换模块分别输出的温度计码(即第二级温度计码

DS12至第七级温度计码DS17) 及对应的数字域权重 (即 $128 \sim 1$), 可以得到数字残差信息 Residue1:

[0183] $\text{Residue1} = (d_{22} * 4 + d_{21} * 2 + d_{20} * 1) * 128 +$

[0184] $(d_{31} * 2 + d_{30} * 1) * 64 +$

[0185] $(d_{41} * 2 + d_{40} * 1) * 32 +$

[0186] $(d_{51} * 2 + d_{50} * 1) * 16 +$

[0187] $(d_{61} * 2 + d_{60} * 1) * 8 +$

[0188] $(d_{73} * 8 + d_{72} * 4 + d_{71} * 2 + d_{70} * 1) * 1。$

[0189] 通过上述公式, 可以获得第一级转换模块Stage11在输入所述测试模拟信号时的跳转输出电压对应的数字残差信息。

[0190] 由以上关系可知, 将所述测试模拟信号对应的测试数字信息与所述跳转输出电压对应的数字残差信息进行相减, 求取二者之差, 可以得到所述第一级转换模块对应的跳转数字信息。

[0191] 对于基于模拟信号判定方式的方案, 参照图8所示的用于流水线型模数转换电路的校准场景示意图, 即可以通过比较器CMP直接测量获得所述第一级转换模块输出的跳转输出电压, 并将其与预设输出电压阈值进行比较, 当二者不一致时, 即可确定所述比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值存在偏差。

[0192] 结合图4所示的传输特性曲线说明比较器CMP的具体工作原理: 假设 $V_{ref1} = +0.5V_{ref}$, $V_{ref2} = -0.5V_{ref}$, 若通过监测获得第一转换模块STAGE1在输入的测试模拟信号 Analog Input 为 V_a 时, 输出电压发生跳变, 这里假设所述比较器CMP的第一输入端In1检测到跳变输出电压为 V_r , 而 $V_r > +0.5V_{ref}$, 按照所述传输特性曲线可知, 在所述测试模拟信号 Analog Input 的电压为 V_a 时, 已不在相应比较器的量程区间内, 说明所述第一级转换模块STAGE1的输出电压范围变大, 据此可以确定对应比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值存在偏差。类似地, 可以将所述比较器CMP的第二输入端In2检测到的跳变输出电压与基准信号 V_{ref2} , 即 $-0.5V_{ref}$ 进行比较, 并基于比较结果确定相应比较器的预设参考阈值相对于理论参考阈值是否存在偏差。

[0193] 可以理解的是, 并不限于以上所示例的判定方式, 在具体实施中, 可以根据需要作进一步的优化或扩展, 或者采用其他类型的判定方式, 只要能够判定所述比较器的预测参考阈值是否相对于理论阈值存在偏差即可, 本发明实施例并不限定具体的判定方式。

[0194] 在具体实施中, 对于步骤S14, 可以根据所述比较器的预设参考阈值与对应的理论参考阈值的大小关系, 采用相应的调整策略进行调整。具体而言, 在确定所述比较器的预设参考阈值小于对应的理论参考阈值时, 可以控制增大所述比较器的预设比较阈值; 而在确定所述比较器的预设参考阈值大于对应的理论参考阈值时, 可以控制减小所述比较器的预设比较阈值。

[0195] 在一具体应用示例中, 参照图4并结合图8, 假设图8中第一级转换模块STAGE1中的快闪型模数转换器FLASH ADC包括由8个比较器组成的比较器阵列, 假设前面6个比较器对应的比较器阈值均已调节完成。对于第七个比较器, 为描述方便, 称为比较器A。若获得比较器A的预设参考阈值为 V_r , 由于 $V_r > +0.5V_{ref}$, 因此可以预定步长控制减小其对应的比较器阈值, 例如将预设的比较器阈值由 V_a 向左逐步调整, 直至调整至 V_3 。更具体地, 结合图9所示

的偏差调节模块的具体结构示意图,例如,所述比较器A的结构为图9所示CMP0的结构,在通过比较器CMP检测到第一输入端In1的信号大于所述基准信号Vref1(例如+0.5Vref)时,可以采用图9所示的偏差调节模块A3进行逐步调节,例如由所述开关控制单元A3c输出开关控制信号先触发所述第一开关S1N闭合,导通第一电荷储能单元C1N与地之间的通路。若经所述比较器CMP检测所述第一输入端In1的信号仍大于所述基准信号Vref1,则基于所述CMP1输出的反馈信号,由所述开关控制单元A3c再触发所述第一开关S2N闭合,导通第一电荷储能单元C2N与地之间的通路。如此类推,直至所述比较器CMP检测到所述第一输入端In1的信号与所述基准信号Vref1不存在偏差,则确定所述比较器A的比较阈值调整完毕。接着可以采用同样方式检测下一个比较器的预设参考阈值是否与理论参考阈值存在偏差并采用上述偏差调节方式进行调节。

[0196] 同样地,参照图8和图9,可以基于所述第一级转换模块输出的另一路输出信号对相应的比较器的比较阈值进行校准,以降低或消除所述流水线型模数转换电路的孔径误差,提高流水线型模数转换电路的精度。

[0197] 以上对适用于流水线型模数转换电路进行校准的校准装置及校准方法通过具体示例进行了描述,需要说明的是,上述各实施例中的校准装置和校准方法所涉及的工作原理、工作机制、应用示例及优点可以相互参照理解。

[0198] 在具体实施中,模数转换电路运用广泛,以下以在雷达中的一具体应用方式进行示例性描述。

[0199] 参照图13所示的雷达的结构示意图,在本发明实施例中,如图13所示,雷达RD0,其包括探测装置DT0、模数转换电路ADC0和校准装置CB0;其中:

[0200] 所述探测装置DT0,适于采集回波信号,并向所述模数转换电路ADC0x输出待处理模拟信号;

[0201] 所述模数转换电路ADC0x,适于对所述探测装置DT0的待处理模拟信号或者所述校准装置CB0的测试模拟信号进行模数转换;其包括流水线型模数转换电路PL-ADC0,其中,所述流水线型模数转换电路PL-ADC0包括第一级转换模块Stage01、与其级联的具有至少一级转换模块的后端转换模组StageB和数字计算模块CA0;

[0202] 所述校准装置CB0,适于通过向所述流水线型模数转换电路PL-ADC0输入测试模拟信号对所述流水线型模数转换电路PL-ADC0进行孔径误差校准。

[0203] 所述模数转换电路ADC0,更具体地,所述流水线型模数转换电路PL-ADC0的具体实现方式可以参见前述各实施例中的介绍,所述校准装置CB0的具体实现也可以参见前述实施例的详细介绍,此处不再赘述。

[0204] 在具体实施中,所述雷达RD还可以包括控制装置CT0,适于在所述雷达RD0上电后,控制所述校准装置CB0对所述流水线型模数转换电路PL-ADC0进行校准,并在符合校准结束条件后,控制所述校准装置CB0结束校准,并使所述模数转换电路ADC0x对待处理模拟信号进行模数转换处理。

[0205] 在具体实施中,所述雷达可以为激光雷达、毫米波雷达等,本说明书实施例中并不限定其具体类型。

[0206] 需要说明的是,本说明书所称的“示例”、“实施方式”或“实施例”是指可包含于本说明书的至少一个实现方式中的特定特征、结构或特性。并且在本说明书的描述中,“第

一”、“第二”等术语仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”等术语的特征可以明示或者隐含的包括一个或者多个该特征。而且,“第一”、“第二”等术语是用于区别类似的对象,而不必用于描述特定的顺序或表示重要性。可以理解的是,这样使用的术语在适当情况下可以互换,以使这里描述的本说明书实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。

[0207] 虽然本说明书实施例披露如上,但本说明书实施例并非限于此。任何本领域技术人员,在不脱离本说明书实施例的精神和范围内,均可作各种更动与修改,因此本说明书实施例的保护范围应当以权利要求所限定的范围为准。

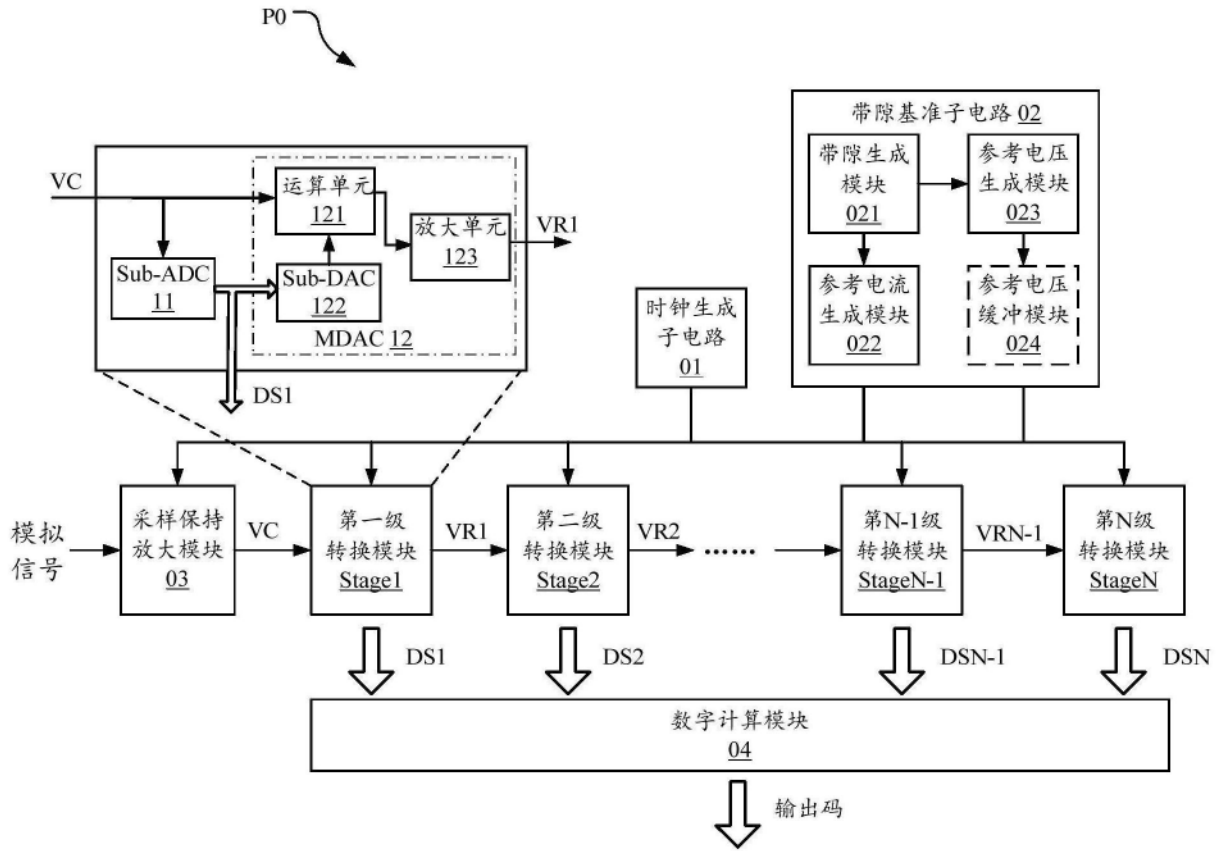


图1

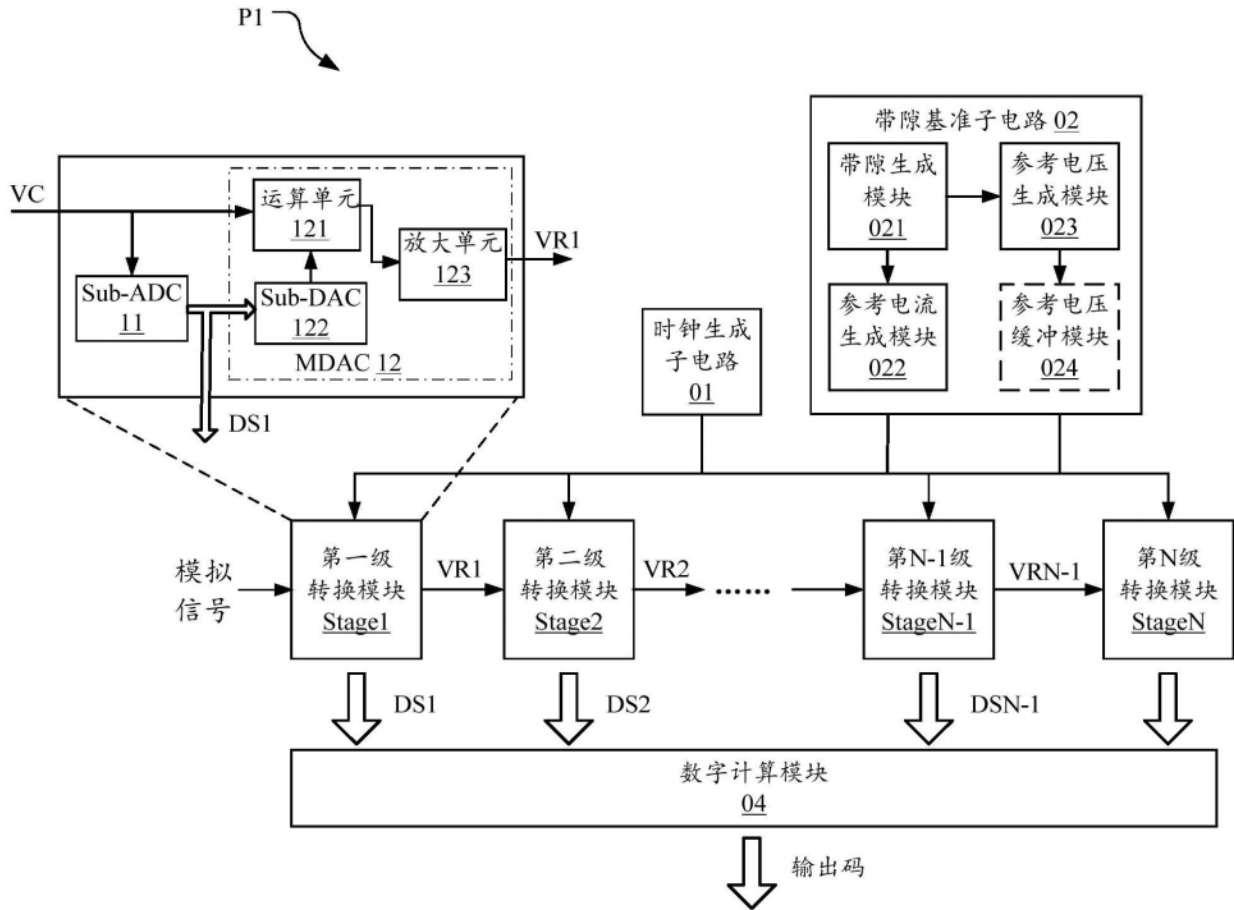


图2

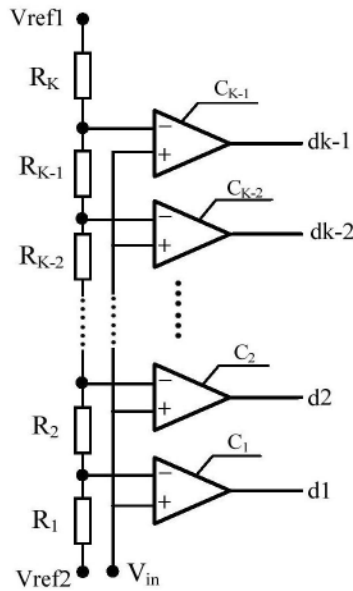


图3

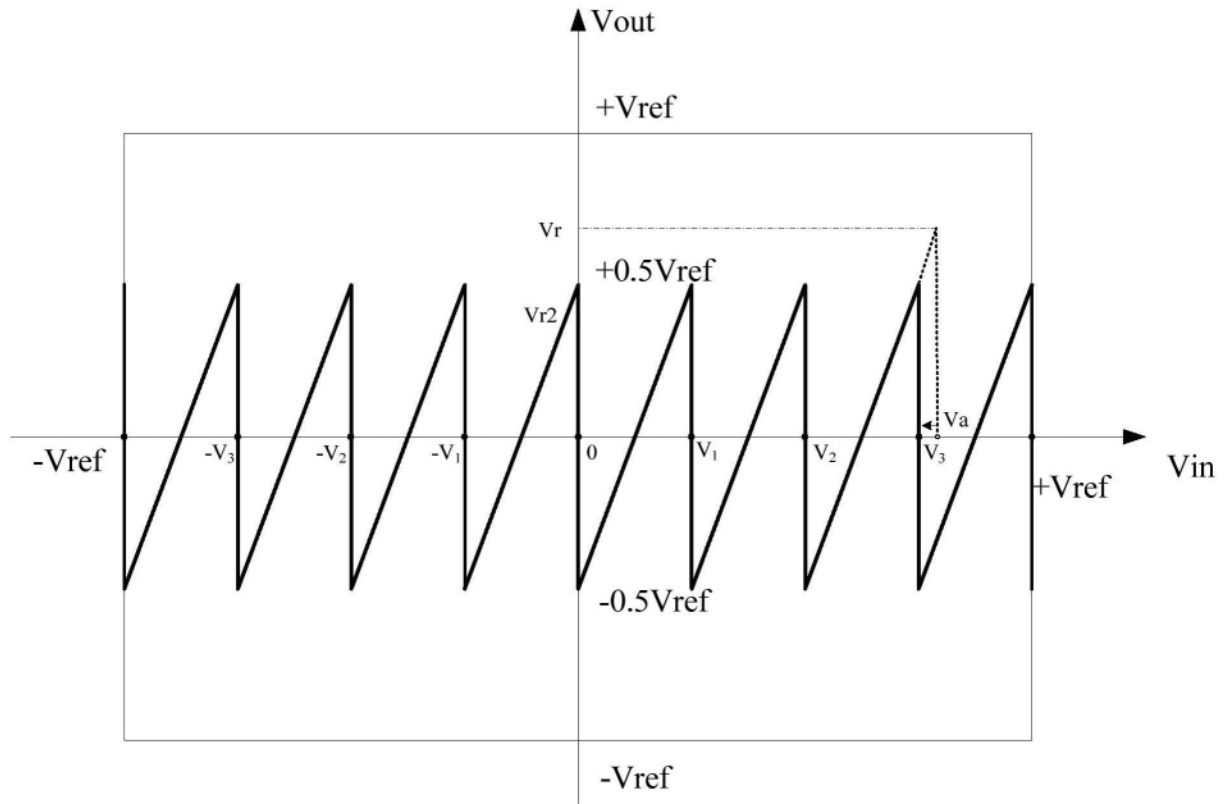


图4

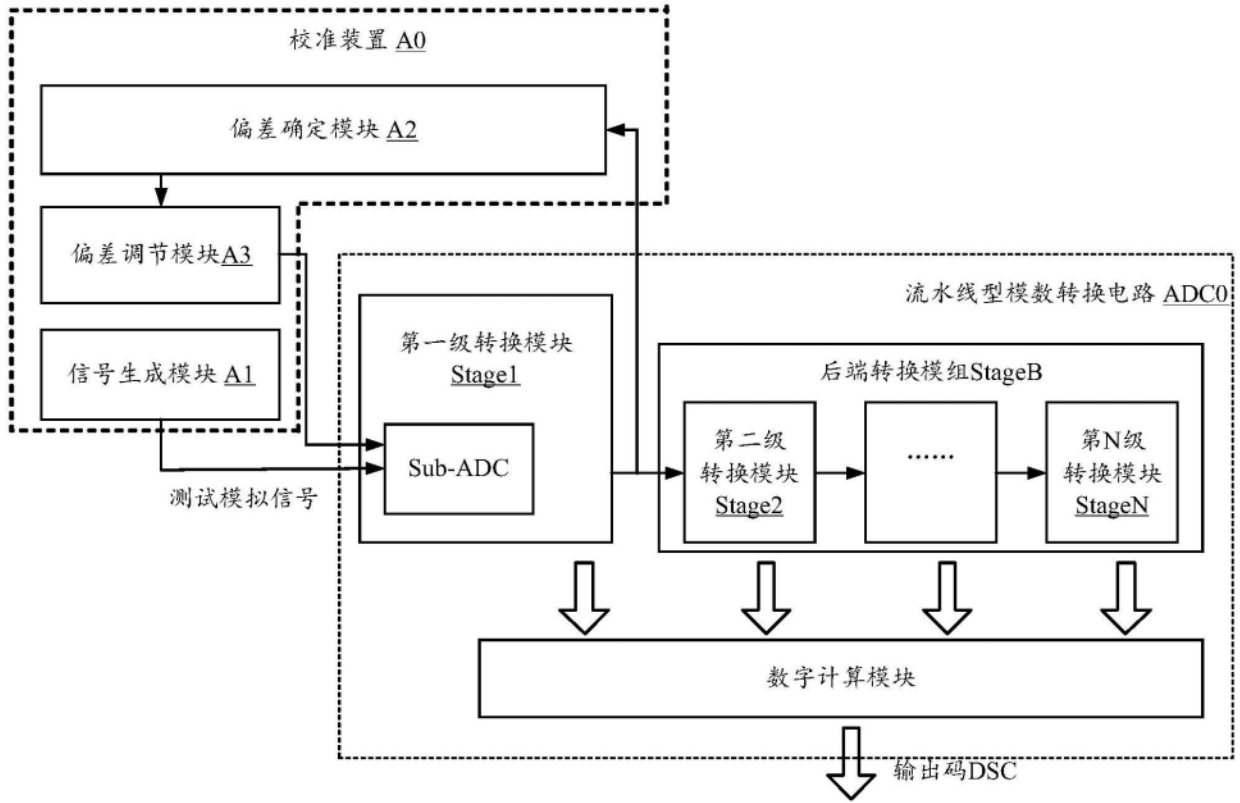


图5

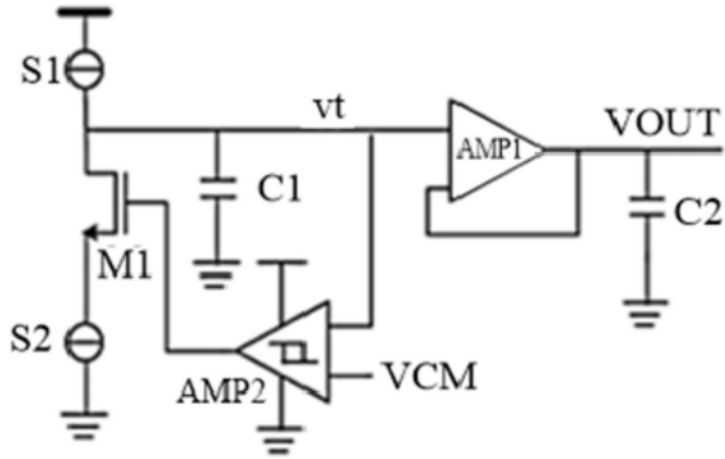


图6a

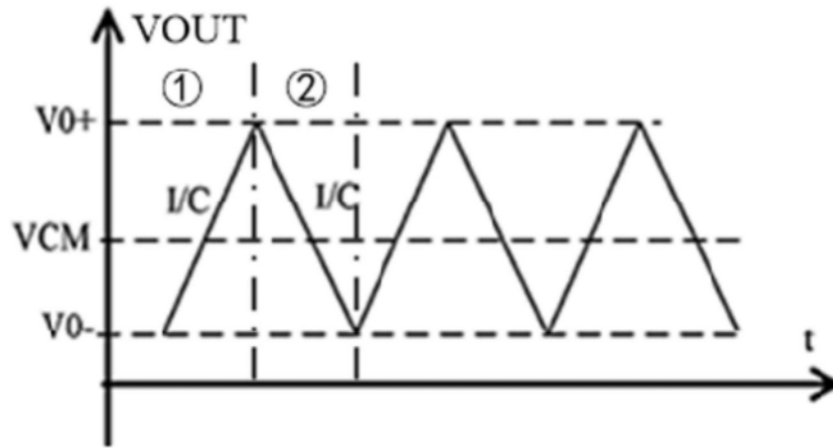


图6b

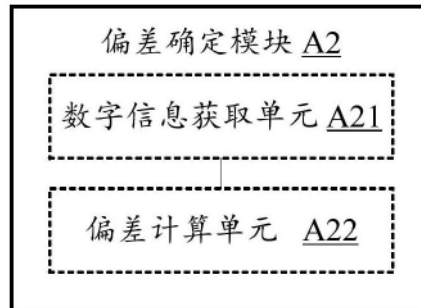


图7a

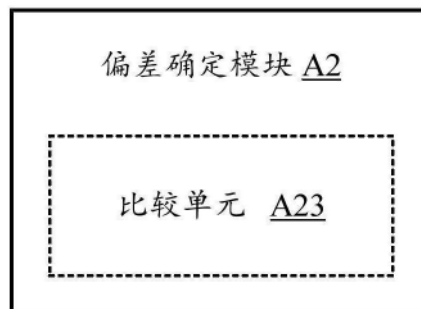


图7b

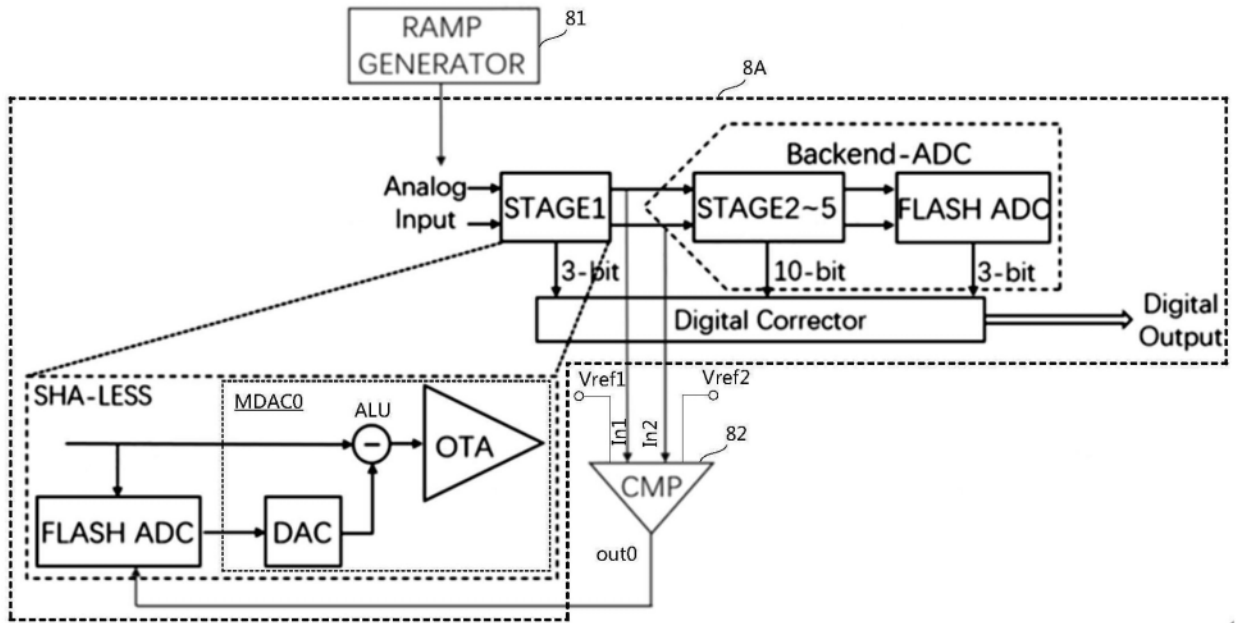


图8

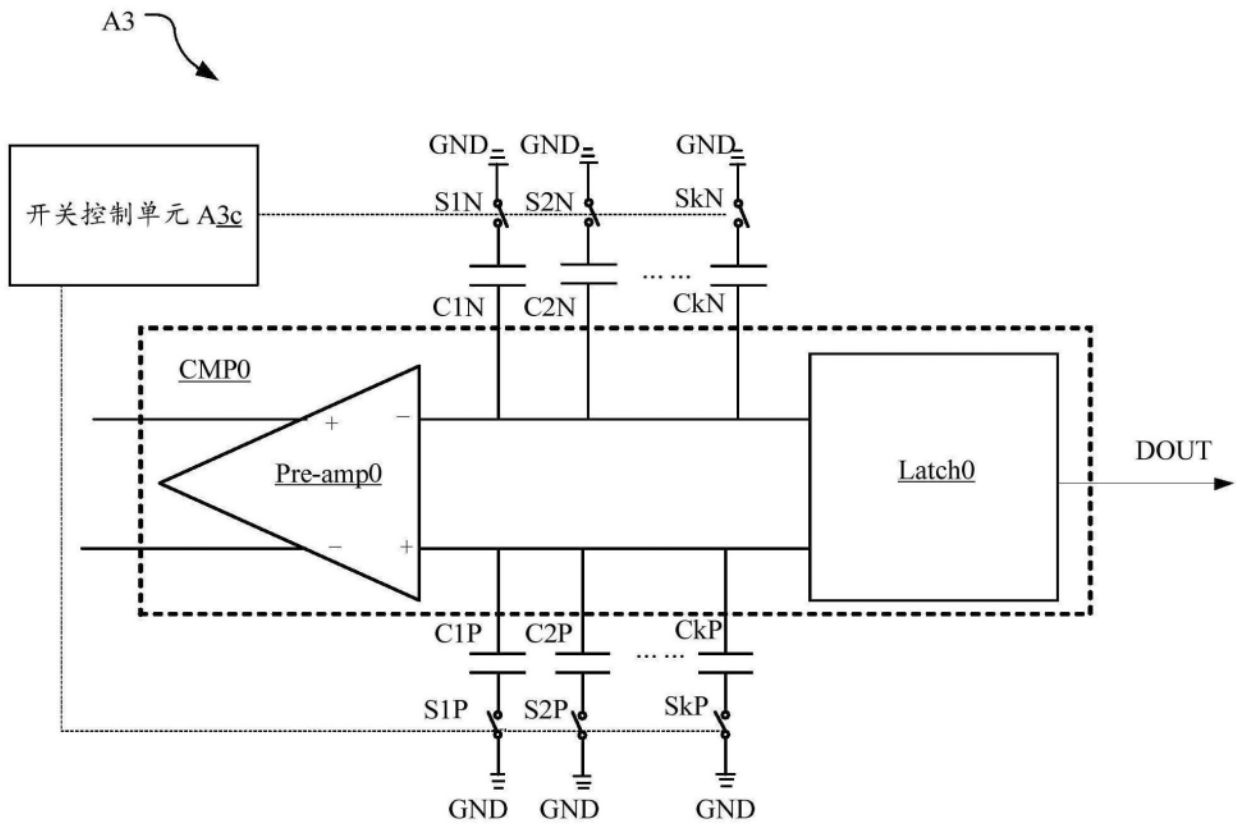


图9

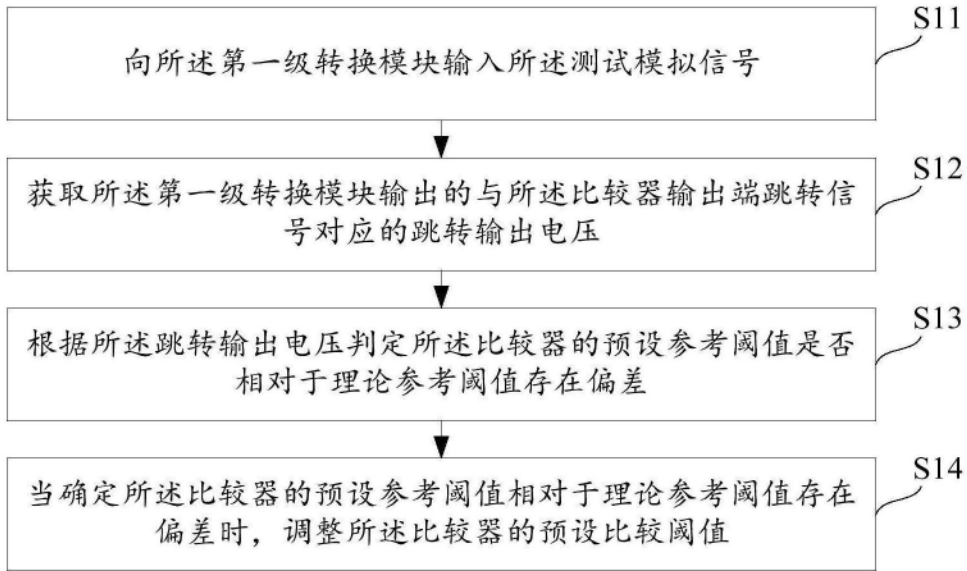


图10

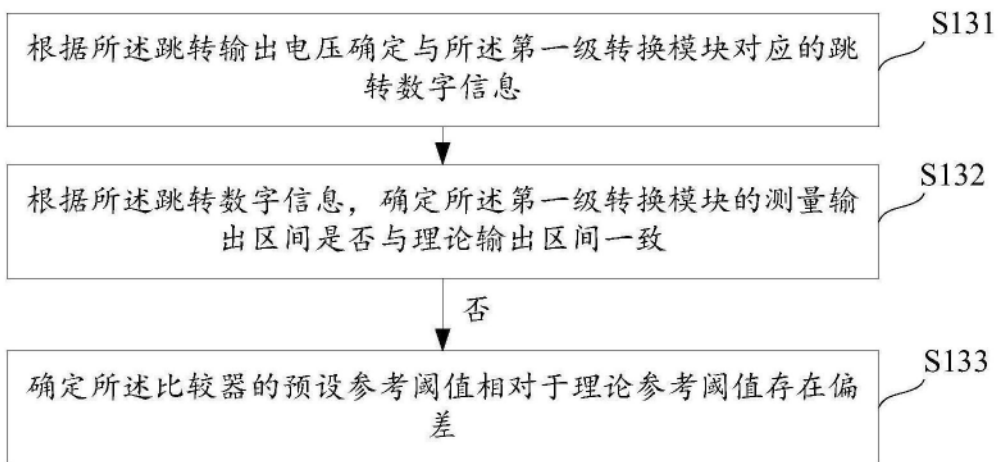


图11

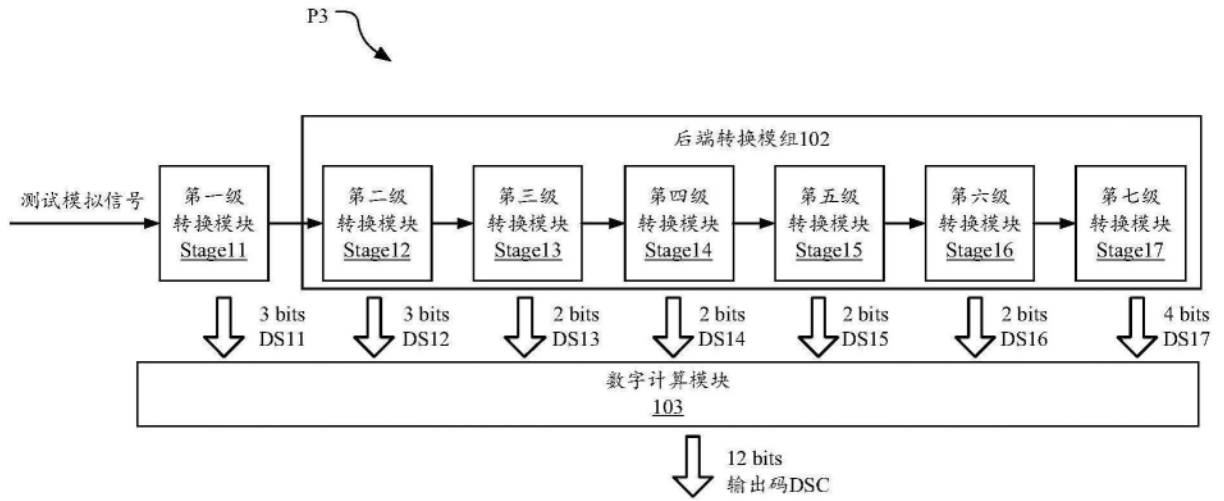


图12

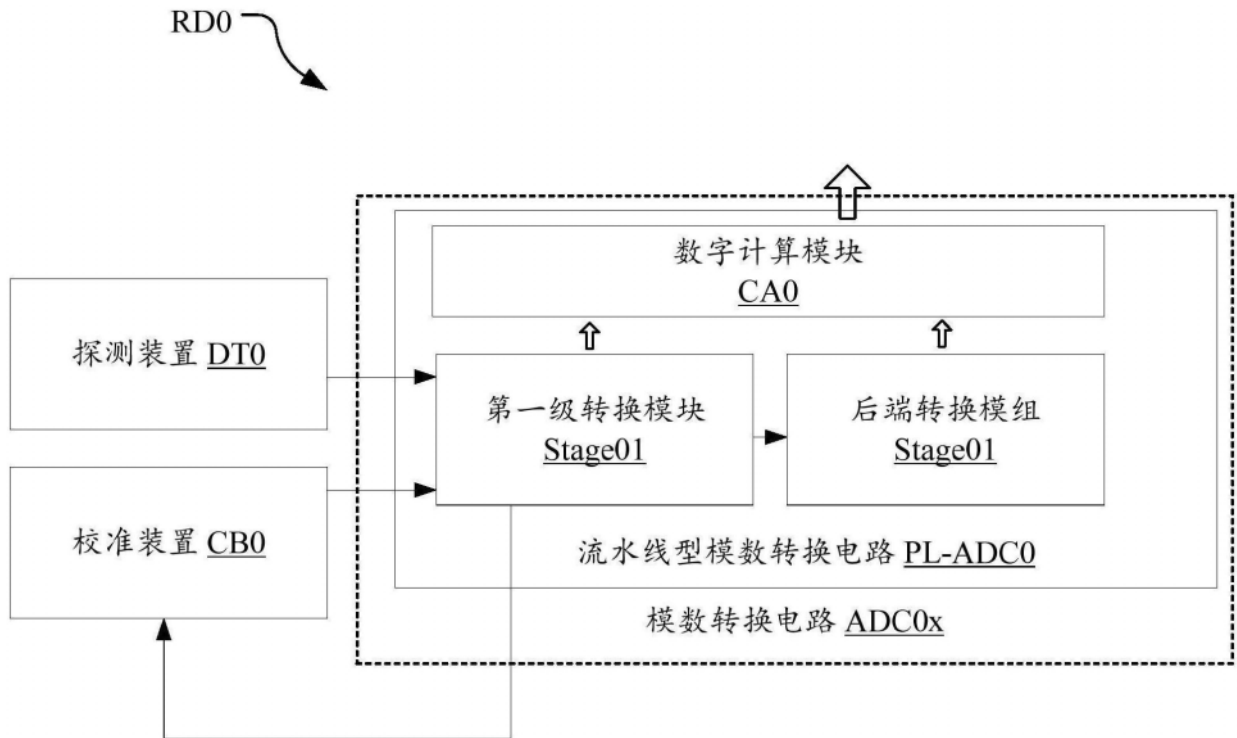


图13