[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H04B 1/10 (2006.01)
H04B 1/12 (2006.01)

[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710109828.0

[43] 公开日 2007 年 12 月 5 日

[11] 公开号 CN 101083473A

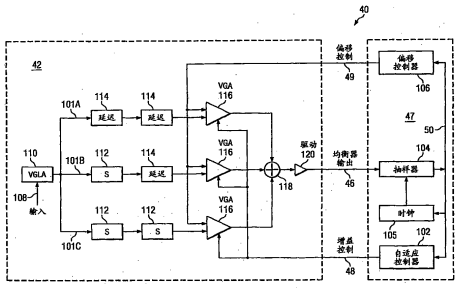
[22] 申请日 2007.5.30
[21] 申请号 200710109828.0
[30] 优先权
[32] 2006. 5.30 [33] US [31] 60/803,451
[32] 2007. 5.24 [33] US [31] 11/753,042
[71] 申请人 富士通株式会社
地址 日本神奈川县川崎市
[72] 发明人 日高康雄
[74] 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司
代理人 孙海龙
权利要求书 5 页 说明书 101 页 附图 36 页

[54] 发明名称

使用滤波模式对施加给信号的补偿进行调节的系统及方法

[57] 摘要

本发明提供使用滤波模式对施加给信号的补偿进行调节的系统及方法。 该方法包括：对发生失真之前或之后的数据信号施加损失补偿和偏移补偿中的至少一个以生成输出信号，数据信号包括偶数据和奇数据；使用时钟信号对输出信号抽样以生成多个数据值和一误差值，各数据值包括基于对输出信号的抽样的高值或低值，该误差值表示基于对输出信号的抽样的失真残量；针对与一个或多个滤波模式相对应的数据值模式监测输出信号，滤波模式均包括预先确定为基本上相等地出现在数据信号中的以偶数据开始的数据和以奇数据开始的数据中的数据值模式；在输出信号中检测与滤波模式之一匹配的数据值模式；基于误差值调节施加给数据信号的损失补偿和偏移补偿中的至少一个。



1、一种用于调节信号的方法，该方法包括以下步骤：

对发生失真之前或之后的数据信号施加针对频率相关失真的损失补偿和针对 DC 偏移失真的偏移补偿中的至少一个以生成输出信号，所述数据信号包括偶数据和奇数据；

使用时钟信号，对所述输出信号进行抽样以生成多个数据值和一误差值，各个数据值包括基于对所述输出信号的抽样的高值或低值，所述误差值表示基于对所述输出信号的抽样的失真的残量；

针对与一个或更多个滤波模式相对应的数据值模式，监测所述输出信号，所述滤波模式均包括预先确定为基本上相等地出现在所述数据信号中的以偶数据开始的数据中以及以奇数据开始的数据中的数据值模式；

在所述输出信号中检测与所述滤波模式之一相匹配的数据值模式；以及

基于所述误差值，对施加给所述数据信号的所述损失补偿和所述偏移补偿中的至少一个进行调节。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述误差值包括高值或低值。

3、根据权利要求 1 所述的方法，其中：

所述误差值包括在两个连续数据值之间的值的转变处抽样的至少一个边界值；并且

各滤波模式包括在相应的两个连续数据值之间的值的转变。

4、根据权利要求 1 所述的方法，其中，对施加给所述数据信号的补偿的调节还基于所检测到的数据值模式中的一个或更多个数据值的所述高值或所述低值。

5、根据权利要求 4 所述的方法，其中，还使用所述误差值和所检测到的数据值模式中的一个或更多个数据值的所述高值或所述低值基于迫零算法对施加给所述数据信号的损失补偿进行调节。

6、根据权利要求 4 所述的方法，其中，还使用所述误差值和所检测

到的数据值模式中的一个或更多个数据值的所述高值或所述低值基于最小均方算法对施加给所述数据信号的损失补偿进行调节。

7、根据权利要求 2 所述的方法，其中，还使用所述高或低误差值和所检测到的数据值模式中的一个或更多个数据值的所述高值或所述低值基于符号-符号最小均方算法对施加给所述数据信号的损失补偿进行调节。

8、根据权利要求 1 所述的方法，其中：

所述误差值包括脉冲宽度值；

所述脉冲宽度值是从包括两次转变的三个连续数据值中的两个连续边界值和一中间数据值而得到的；以及

施加给所述数据信号的所述损失补偿基于所述脉冲宽度值。

9、根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述数据信号包括准周期性信号或周期性信号。

10、根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述数据信号包括以下的至少一个：随机序列、8B10B 空闲数据序列的至少一部分、以及 8B10B CJPAT 数据序列的至少一部分。

11、根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述滤波模式均包括至少五个数据值。

12、根据权利要求 3 所述的方法，其中，与所述至少一个边界值相对应的转变位于所检测到的数据值模式的最后两个数据值之间。

13、根据权利要求 12 所述的方法，其中，仅基于所述边界值和在所述边界值 1.5 个码元之前到达的数据值来调节施加给所述数据信号的所述损失补偿。

14、根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述时钟信号与所述输出信号相关联。

15、根据权利要求 1 所述的方法，其中：

在第一路径上传送所述数据信号的第一部分并在第二路径上传送所述数据信号的第二部分；并且

对所述第一路径进行所述损失补偿和所述偏移补偿中的所述至少一

个；

所述方法还包括以下步骤：

对所述第二路径进行所述损失补偿和所述偏移补偿中的至少一个；

至少合并所述第一路径和所述第二路径以对所述数据信号进行补偿，来生成所述输出信号；以及

基于所述误差值和所检测到的数据值模式中的一个或更多个数据值的所述高值或所述低值，对施加给所述第一路径的所述损失补偿和/或所述偏移补偿以及施加给所述第二路径的所述损失补偿和/或所述偏移补偿中的至少一个进行独立调节。

16、一种自适应均衡器，该自适应均衡器包括：

均衡器，其被配置为：

对发生失真之前或之后的数据信号施加针对频率相关失真的损失补偿和针对 DC 偏移失真的偏移补偿中的至少一个以生成输出信号，所述数据信号包括偶数据和奇数据；

抽样器，其被配置为：使用时钟信号，对所述输出信号进行抽样以生成多个数据值和一误差值，各个数据值包括基于对所述输出信号的抽样的高值或低值，所述误差值表示基于对所述输出信号的抽样的失真的残量；以及

控制器，其被配置为：

针对与一个或更多个滤波模式相对应的数据值模式，监测所述输出信号，所述滤波模式均包括预先确定为基本上相等地出现在所述数据信号中的以偶数据开始的数据中以及以奇数据开始的数据中的数据值模式；

在所述输出信号中检测与所述滤波模式之一相匹配的数据值模式；以及

基于所述误差值，对施加给所述数据信号的所述损失补偿和所述偏移补偿中的至少一个进行调节。

17、根据权利要求 16 所述的自适应均衡器，其中，所述误差值包括高值或低值。

18、根据权利要求16所述的自适应均衡器，其中：

所述误差值包括在两个连续数据值之间的值的转变处抽样的至少一个边界值；并且

各滤波模式包括在相应的两个连续数据值之间的值的转变。

19、根据权利要求16所述的自适应均衡器，其中，所述控制器被配置为：还基于所检测到的数据值模式中的一个或更多个数据值的所述高值或所述低值，对施加给所述数据信号的补偿进行调节。

20、根据权利要求19所述的自适应均衡器，其中，所述控制器被配置为：还使用所述误差值和所检测到的数据值模式中的一个或更多个数据值的所述高值或所述低值基于迫零算法对施加给所述数据信号的损失补偿进行调节。

21、根据权利要求19所述的自适应均衡器，其中，所述控制器被配置为：还使用所述误差值和所检测到的数据值模式中的一个或更多个数据值的所述高值或所述低值基于最小均方算法对施加给所述数据信号的损失补偿进行调节。

22、根据权利要求17所述的自适应均衡器，其中，所述控制器被配置为：还使用所述高或低误差值和所检测到的数据值模式中的一个或更多个数据值的所述高值或所述低值基于符号-符号最小均方算法对施加给所述数据信号的损失补偿进行调节。

23、根据权利要求16所述的自适应均衡器，其中：

所述误差值包括脉冲宽度值；

所述脉冲宽度值是从包括两次转变的三个连续数据值中的两个连续边界值和一中间数据值而得到的；以及

施加给所述数据信号的所述损失补偿基于所述脉冲宽度值。

24、根据权利要求16所述的自适应均衡器，其中，所述数据信号包括准周期性信号或周期性信号。

25、根据权利要求16所述的自适应均衡器，其中，所述数据信号包括以下的至少一个：随机序列、8B10B 空闲数据序列的至少一部分、以及8B10B CJPAT数据序列的至少一部分。

26、根据权利要求 16 所述的自适应均衡器，其中，所述滤波模式均包括至少五个数据值。

27、根据权利要求 18 所述的自适应均衡器，其中，与所述至少一个边界值相对应的转变位于所检测到的数据值模式的最后两个数据值之间。

28、根据权利要求 27 所述的自适应均衡器，其中，仅基于所述边界值和在所述边界值 1.5 个码元之前到达的数据值来调节施加给所述数据信号的所述损失补偿。

29、根据权利要求 16 所述的自适应均衡器，其中，所述时钟信号与所述输出信号相关联。

30、根据权利要求 16 所述的自适应均衡器，其中，所述均衡器包括：

分配器，其被配置为在第一路径上传送所述数据信号的第一部分并在第二路径上传送所述数据信号的第二部分；

放大器或抽头之中的第一一个，其被配置为对所述第一路径进行所述损失补偿和所述偏移补偿中的所述至少一个；

放大器或抽头之中的第二一个，其被配置为对所述第二路径进行所述损失补偿和所述偏移补偿中的至少一个；以及

混合器，其被配置为至少合并所述第一路径和所述第二路径以对所述数据信号进行补偿来生成所述输出信号，其中所述控制器还被配置为：基于所述误差值和所检测到的数据值模式中的一个或更多个数据值的所述高值或所述低值，对施加给所述第一路径的所述损失补偿和/或所述偏移补偿以及施加给所述第二路径的所述损失补偿和/或所述偏移补偿中的至少一个进行独立调节。

使用滤波模式对施加给信号的补偿进行调节的系统及方法

技术领域

本发明总体上涉及信号通信，更具体地说，涉及一种使用滤波模式（filter pattern）对施加给信号的补偿进行调节的系统及方法。

背景技术

当通过通信介质传送信号时，这些信号会由于诸如趋肤效应和介电吸收的现象而遭受到衰减。信号接收器可以包括对该衰减进行补偿以提高信号通信的精度和效率的均衡器。期望由均衡器施加的补偿量尽可能接近地匹配由于介质而产生的衰减的程度，以与用以传送信号的特定通信路径无关地保持信号的输出特性一致。

发明内容

在本发明的一个实施例中，一种用于调节信号的方法包括：对发生失真之前或之后的数据信号施加针对频率相关失真的损失补偿和针对DC偏移失真的偏移补偿中的至少一个以生成输出信号，所述数据信号包括偶数据和奇数据。所述方法还包括：使用时钟信号，对所述输出信号进行抽样以生成多个数据值和一误差值，各个数据值包括基于对所述输出信号的抽样的高值或低值，所述误差值表示基于对所述输出信号的抽样的失真的残量。所述方法还包括：针对与一个或更多个滤波模式相对应的数据值模式，监测所述输出信号，所述滤波模式均包括预先确定为基本上相等地出现在所述数据信号中的以偶数据开始的数据中以及以奇数据开始的数据中的数据值模式。所述方法还包括在所述输出信号中检测与所述滤波模式之一相匹配的数据值模式。所述方法还包括：基于所述误差值，对施加给所述数据信号的所述损失补偿和所述偏移补偿中的至少一个进行调节。

特定实施例的一个技术优点是使输出信号均衡。特定实施例针对由用于发送信号的通信介质所导致的信号衰减而进行补偿。这使得信号的输出特性独立于用于传送信号的通信路径而保持一致。由于信号电平可被选择为落入系统组件的动态范围内，与一致的输出特性相关联的优点可以包括组件响应的改善。此外，可以将信号保持在足够的电平处，以防止丢失信息。

特定实施例的其他技术优点包括对不同通信介质的适应性。特定实施例使用可变增益放大器来调节对到来的信号所施加的补偿程度。这样的实施例可以使得针对不同介质而调节补偿量，从而增加实现这些技术的均衡器的通用性。此外，这些实施例还可以适应于与处理、电压和温度变化相关联的介质特性的改变。

特定实施例的又一技术优点是提高了均衡器的最大操作速度和/或降低了均衡器消耗的功率。特定实施例使用现有的时钟和数据恢复（CDR）功能来生成输出信号值，该输出信号值用于监测输出信号中的残留增益误差和/或残留直流偏移。通过使用现有的 CDR 功能来生成输出信号值，而不再需要使用专用监测电路。通过不使用专用监测电路，可以减小对均衡器输出的负荷，提高均衡器的最大操作速度和/或降低均衡器消耗的功率。另外，可以减小芯片面积，并在具体的实施例中重用现有的均衡器组件和/或功能。此外，由于不使用专用监测电路，还可以减少针对均衡器的设计努力。

特定实施例的又一技术优点是增加了与可由均衡器使用的数据模式有关的灵活性。具体的实施例可以使用具有单次转变的数据模式，并且不限于高频数据模式和/或具有至少两次转变的数据模式。这种灵活性具有许多优点，这些优点例如包括可以使得另外的滤波器模式（即，具有单次转变的模式）应用于输出信号，以抵消将在下文中讨论的占空比失真。

具体实施例的另一技术优点是能够只使用输出信号值来调节与输入信号相关联的多于一个的独立控制参数。如上所述，与使用监测电路相比，输出信号值的使用提供了多个优点。另外，对多于一个的独立控制

参数的调节可以增加均衡器在补偿信号衰减时的效果。

具体实施例的又一技术优点是一致地对用于周期性、准周期性和充分随机化的序列的自适应均衡器进行控制。具体实施例的另一技术优点是通过将滤波器模式应用于增益调节之前的信号而降低了占空比失真以及准周期性和周期性信号的负面效应。滤波器模式对应于在信号中的偶数据或奇数据处开始的序列中基本上相等地产生的值的模式。将滤波器模式应用于信号，这可以通过在对开始于偶数据或奇数据处的序列中的自适应动作偏置（占空比失真）进行平衡而避免增益控制中不可接受的结果。

具体实施例的又一技术优点是结合（准）周期性信号按照平衡的方式来使用有用滤波器模式列表，以降低占空比失真和（准）周期性信号的负面效应。在这些实施例中，与（准）周期性信号相关联的有用滤波器模式列表可以是预定的和固定的。在另选实施例中，该有用滤波器模式列表可以适应于到来的（准）周期性信号。在该列表中的滤波器模式可以按照平衡方式被使用，以增强其对（准）周期性信号的适用性。通过从列表中顺序地、随机地或同时地进行选择该列表中的滤波器模式，可以按照平衡方式使用该列表中的滤波器模式。在具体实施例中可以使用定时器来跳过未检测出的滤波器模式，从而增加了自适应动作的频率。

特定实施例的又一技术优点是针对输出信号中观察到的残留直流偏移进行调节。调节直流偏移补偿可以改善组件响应（如，增加的敏感性）。在具体实施例中，可使用输出信号值调节直流偏移补偿，而不会在信号中产生数据误差。如上所述，与使用监测电路相比，使用输出信号值（使用现有的 CDR 功能而生成）提供了多个优点。另外，因为在信号中不产生数据误差，不仅在只携带测试业务的信号的接收过程中，还可以在包括真实数据业务的信号的接收过程中进行对直流偏移补偿的调节。通过在包括真实数据业务（不只是测试业务）的信号的接收过程中进行对直流偏移补偿的调节，可以提高在真实数据业务的接收过程中的组件敏感性。

具体实施例的又一技术优点是对与在输出信号中观察到的残留直流

偏移进行的调节相伴随的可能的错误锁定问题进行校正。当时钟恢复和偏移抵消器不正确地相互影响时产生错误锁定问题，这导致抽样边界和数据值被互换。通过基于各边界值的高值或低值来调节直流偏移补偿，而无论该边界值是否在包括转换的连续数据值之间，具体实施例针对错误锁定问题而进行校正。为了对在使用了重抽样的（准）周期性信号中的错误锁定问题进行校正，具体实施例首先使用输出信号值来监测数据直流不平衡（针对错误锁定问题的代名词）。如果检测到不平衡，则基于检测到的不平衡来调节直流偏移补偿。如果未检测到不平衡，则基于只在包括转换的连续数据值之间的那些边界值的高值或低值来调节直流偏移补偿。这样，数据直流不平衡可以在可接受的范围内变化，即使针对（准）周期性数据序列而使用重抽样也一样。

具体实施例的又一技术优点是使用输出信号值来抵消多路径均衡器中的各路径中的偏移。在具体的实施例中，在各路径中的偏移可以被抵消，而不需使用任何另外的电路来监测均衡器中的内部残留偏移，另外，在具体的实施例中，在均衡器的操作过程中（即，不关闭均衡器电路的任何部分）和在包括真实数据业务的信号的接收过程中（不仅是在只携带测试业务的信号的接收过程中）可以使用偏移抵消控制。通过在包括真实数据业务（不只是测试业务）的信号的接收过程中进行对直流偏移补偿的调节，可以提高在真实数据业务的接收过程中的组件敏感性。

使用了重抽样的具体实施例的又一个技术优点是避免将重抽样周期与（准）周期性信号进行任何的锁定。当锁定出现时，在重抽样的数据中观察到的数据模式不同于整个（准）周期性信号中的数据模式，潜在地延迟了由均衡器控制器所执行的控制动作。通过改变（准）周期性信号在各重新抽样周期中被重新抽样的点，具体的实施例可以避免锁定。

具体实施例的又一技术优点是对多个控制回路（例如为自适应均衡器控制器和偏移抵消器）进行解耦。对多个控制回路的解耦可以避免在收敛时间中的迟滞以及在控制回路中的潜在的不稳定性。具体实施例可以通过使回路相互不敏感而对多个控制回路解耦。例如，可以使自适应均衡器控制对残留偏移不敏感，并使偏移抵消器对残留符号间干扰（ISI）

不敏感。为了使自适应均衡器控制和偏移抵消器相互不敏感，在具体的实施例中，通过自适应均衡器控制和偏移抵消器按照平衡的方式来使用两组互补数据模式。

具体实施例的又一技术优点是在不必要收敛至零的起停式(bang-bang)控制系统中在均衡状态下生成二进制目标变量的具体平均值（如，ISI 程度、均衡电平或任意其他目标变量），如同在典型的起停式控制系统中的情况。二进制目标变量例如可以是应用于在相反数据值之间的边界值和该边界值之前 1.5 个位（或符号）的数据值的反相关函数。在具体的情况下，平衡中的二进制目标变量的最优平均值（如，ISI 程度、均衡电平或任意其他目标变量）根据各种条件（例如，信道损失和到来的信号自身）而可以大于或小于零。因而，生成了收敛得更接近最优平均值（即零）的二进制目标变量的平均值的实施例是有利的。

具体实施例的又一技术优点是动态地生成均衡状态下针对二进制目标变量的平均值（如，ISI 程度、均衡电平或任意其他目标变量）的控制目标。在具体实施例中，最优平均 ISI 程度可能是对于高损失信道为高，并对于低损失信道为低。因而，包括了针对二进制目标变量（该变量随着控制变量的值而动态地改变）的平均值的控制值的实施例可以是有利的。

根据附图、说明书和权利要求，本领域技术人员将容易地明了其他的技术优点。而且，尽管上文中列举了具体的优点，但是具体的实施例可能包括所列举的优点中的一些或全部，或者不包括所列举的任何优点。

附图说明

图 1 是例示了示例数字信号传送系统的框图；

图 2 是更详细地例示了图 1 的示例数字信号传送系统的框图；

图 3 是例示了图 2 的示例数字信号传送系统的根据特定实施例的示例接收器的框图；

图 4A、4B 以及 4C 与表现了多种类型的符号间干扰效应的均衡器输出信号相对照地例示了时钟信号的多个示例；

图 5 是例示了根据本发明特定实施例的用于对输出信号值进行解释以对残留的符号间干扰进行补偿的方法的流程图；

图 6 是例示了与图 5 的方法相关联的示例增益控制方案的表；

图 7 是例示了根据本发明特定实施例的用于对模拟二阶导数均衡器中针对多个独立控制参数的输出信号值进行解释的示例方法的流程图；

图 8 是例示了与图 7 的方法相关联的示例增益控制方案的表；

图 9 是例示了根据本发明特定实施例的用于对 3 抽头 FIR 滤波器中的多个均衡器参数的输出信号值进行解释的示例方法的流程图；

图 10 是例示了与图 9 的方法相关联的示例增益控制方案的表；

图 11 例示了受占空比失真影响的示例边界信息；

图 12 是例示了根据本发明特定实施例的用于选择滤波器模式以减小占空比失真的负面影响的示例方法的流程图；

图 13 是例示了偶 8B10B 空闲数据序列和奇 8B10B 空闲数据序列中的六位数据模式的示例分布的表；

图 14 是例示了与使用从图 13 的表推导出的示例滤波器模式来调节施加给输入信号的未改变分量、一阶导数分量以及二阶导数分量的增益相关联的示例增益控制方案的表；

图 15 是例示了在偶 8B10B CJPAT 数据序列和奇 8B10B CJPAT 数据序列中六位数据模式的示例分布的表；

图 16 是例示了与使用根据图 15 的表推导出的示例滤波器模式来调节施加给输入信号的未改变分量、一阶导数分量以及二阶导数分量的增益相关联的示例增益控制方案的表；

图 17 是例示了根据本发明特定实施例的用于动态地生成有用滤波器模式列表的示例方法的流程图；

图 18 是例示了根据本发明特定实施例的用于动态地生成有用滤波器模式列表的另一示例方法的流程图；

图 19 是例示了根据本发明特定实施例的用于动态地生成有用滤波器模式列表的再一示例方法的流程图；

图 20 是例示了根据本发明特定实施例的用于按平衡方式使用滤波

器模式的示例方法的流程图；

图 21 是例示了根据本发明特定实施例的用于按平衡方式使用滤波器模式的另一示例方法的流程图；

图 22 是例示了根据本发明特定实施例的用于在某个时间段之后跳过未检测到的滤波器模式的示例方法的流程图；

图 23A、23B 以及 23C 与表现了多种类型的残留直流偏移的均衡器输出信号相对照地例示了时钟信号的多个示例；

图 24 是例示了根据本发明特定实施例的用于对输出信号值进行解释以对残留直流偏移进行抵消的方法的流程图；

图 25 是例示了与图 24 的方法相关联的示例偏移控制方案的表；

图 26 是例示了根据本发明特定实施例的用于对在抵消残留直流偏移的过程中发生的误锁定进行纠正的方法的流程图；

图 27 是例示了与图 26 的方法相关联的示例偏移控制方案的表；

图 28 是例示了根据本发明特定实施例的用于对在抵消残留直流偏移的过程中发生的误锁定进行纠正的另一方法的流程图；

图 29 是例示了与图 28 的方法相关联的示例偏移控制方案的表；

图 30 与时钟信号相对照地例示了示例一阶导数均衡器中的表现出负残留直流偏移的直流路径输出、表现出正残留直流偏移的一阶导数路径输出以及主要表现出零残留直流偏移的均衡器输出信号的示例；

图 31 是例示了根据本发明特定实施例的用于对一阶导数模拟均衡器中的残留直流偏移进行抵消的示例方法的流程图；

图 32 是例示了与图 31 的方法相关联的示例偏移控制方案的表；

图 33 是例示了根据本发明特定实施例的用于对一阶导数模拟均衡器中的残留直流偏移进行抵消的另一示例方法的流程图；

图 34 是例示了与图 33 的方法相关联的示例偏移控制方案的表；

图 35 是例示了根据本发明特定实施例的用于对一阶导数模拟均衡器中的残留直流偏移进行抵消的再一示例方法的流程图；

图 36 是例示了与图 35 的方法相关联的示例偏移控制方案的表；

图 37 是例示了根据本发明特定实施例的用于对一阶导数模拟均衡

器中的残留直流偏移进行抵消的再一示例方法的流程图；

图 38 是例示了与图 37 的方法相关联的示例偏移控制方案的表；

图 39 是例示了根据本发明特定实施例的用于对二阶导数模拟均衡器中的残留直流偏移进行抵消的示例方法的流程图；

图 40 是例示了与图 39 的方法相关联的示例偏移控制方案的表；

图 41 是例示了根据本发明特定实施例的用于减小占空比失真的影响的示例方法的流程图；

图 42 是例示了根据本发明特定实施例的用于减小占空比失真的影响的另一示例方法的流程图；

图 43 是例示了根据本发明特定实施例的用于在各重抽样循环中改变发生重抽样的点的示例方法的流程图；

图 44 是例示了根据本发明特定实施例的用于在各重抽样循环中改变发生重抽样的点的另一示例方法的流程图；

图 45 是例示了根据本发明特定实施例的用于在各重抽样循环中改变发生再抽样的点的再一示例方法的流程图；

图 46 是例示了根据本发明特定实施例的用于将多个控制环路解耦的示例方法的流程图；

图 47 是例示了根据本发明特定实施例的用于将多个控制环路解耦的另一示例方法的流程图；

图 48 是例示了根据本发明特定实施例的用于生成平衡状态下二元目标变量（例如，ISI 程度、EQ 程度或残留偏移）的特定平均值的示例方法的流程图；

图 49 是例示了根据本发明特定实施例的用于动态地生成针对平衡状态下二元目标变量（例如，ISI 程度）的平均值的控制目标的示例方法的流程图；

图 50 是例示了在根据本发明特定实施例的均衡器增益控制中应用示例控制目标公式以动态地生成针对二元目标变量在平衡状态下的平均值的示例控制目标的结果的曲线图；

图 51 是例示了根据本发明特定实施例的用于将高频增益代码转换

成直流路径增益代码和一阶路径增益代码的示例方案的表；以及

图 52A 和 52B 是例示了根据本发明特定实施例的为了将高频增益代码转换成直流路径增益代码和一阶路径增益代码而应用图 51 的示例方案的结果的曲线图。

具体实施方式

图 1 是例示了示例数字信号传送系统 10 的框图。数字信号传送系统 10 包括发送器 20、通信信道 30 以及接收器 40。发送器 20 可以包括可操作以通过信道 30 向接收器 40 发送携带有数字信息的信号的任何合适的发送器。在特定实施例中，发送器 20 可以按相对快的速率传送信息。信道 30 可以包括任何合适的信道或其他通信介质。信道 30 可以包括例如运送信号的电缆、将该电缆绝缘的绝缘器、该电缆周围的封装、和/或连接件。信道 30 可操作以从发送器 20 接收信号并将这些信号转发给接收器 40。接收器 40 可以包括可操作以通过信道 30 从发送器 20 接收信号并对所接收到的信号中的数字信息适当地进行处理的任何合适的接收器。

在典型的数字信号传送系统（如高速通信系统）中，如图 32 所例示的，接收器 40 所接收到的信号通常会由于频率依赖性衰减而失真。一般来说，对于导电通信介质中的信号衰减，存在两个重要的原因。第一个重要原因是由于信号沿通信介质的传导而产生的趋肤效应。第二个重要原因是通信介质对信号的介电吸收。通常，由于趋肤效应而导致的按分贝表示的信号损耗量是乘积 $a_s \cdot x \cdot \sqrt{f}$，其中 a_s 是材料的趋肤效应系数，x 是沿材料传播的长度，f 是信号的频率。由于介电吸收而导致的损耗量是乘积 $a_d \cdot x \cdot f$，其中 a_d 是材料的介电吸收系数。

根据材料和信号频率，这些效应的相对重要性会变化很大。因此，例如，电缆可能具有比趋肤效应系数小得多的介电吸收系数，使得除了在高频率下以外，由于趋肤效应而导致的损耗起主导作用。另一方面，底板迹线（backplane trace）可能具有较高的介电吸收系数，使得由于介电吸收而导致的损耗与由于趋肤效应而导致的损耗量相当或更大。此外，操作条件的变化（如温度变化）也可能影响信号特性。

由接收器 40 处理后的信号可能还呈现出残留直流偏移失真。例如，可能由于制造技术（如器件几何形状失配或阈值电压失配）和/或接收器部件自己而导致残留直流偏移。如以下结合图 2 和 3 进一步描述的那样，可以使用均衡器来补偿频率依赖性衰减，并且可以使用偏移抵消器来抵消残留直流偏移。

图 2 是更详细地例示了图 1 的示例数字信号传送系统的框图。如可以观察到的那样，发送器 20 包括发送器逻辑 22 和发送器均衡器 24。发送器逻辑 22 可以包括可操作以对信息进行编码和发送的任何合适的逻辑。发送器均衡器 24 可以包括任何合适的均衡器，该均衡器可操作以（例如通过调节待发送信号的增益）对发送信号由于频率依赖性衰减而在信道 30 上可能经受的失真进行补偿。仅作为示例，在特定实施例中，可以如图 26 所例示的那样对增益进行补偿。按该方式，均衡器 24 可以在出现失真之前（利用例如发送器预增强（pre-emphasis）均衡）对信号进行预补偿（或均衡）。在特定实施例中，发送器均衡器 24 可以基于来自接收器逻辑 47 的反馈与以下结合图 3 描述的接收器均衡器 42 类似地进行操作。然而，应当指出的是，均衡器 24 可以在出现失真之前对信号进行补偿，而均衡器 42 可以在出现失真之后对信号进行补偿。还应当指出的是，（下述）逻辑 47 中的一些或所有逻辑可以位于发送器 20 中或者任何其他合适的位置处，而不一定全部在接收器 40 中。

接收器 40 包括接收器均衡器 42、均衡器输出 46、接收器逻辑 47、增益控制信号 48 以及偏移控制信号 49。接收器均衡器 42 可以包括可操作以在输入端口处接收包括输入数据信号的输入信号并对所接收到的输入数据信号施加增益和/或偏移的任何合适的均衡器。接收器逻辑 47 可以包括可操作以接收时钟信号的任何合适的部件或部件组，如抽样器。该时钟信号可以包括可以由时钟和数据恢复（CDR）电路从输入信号中恢复的任何合适的时钟信号，如恢复的时钟信号。利用所接收到的时钟信号，如以下结合图 3 进一步描述的那样，接收器逻辑 47 可操作以对均衡器输出 46 进行抽样，并基于该抽样对施加给输入数据信号的增益控制信号 48 和/或偏移控制信号 49 进行调节以补偿信号失真。仅作为示例，在

特定实施例中，可以如图 52 所例示的那样对增益进行补偿。在特定实施例中，对增益的补偿会生成如图 54 所例示的已完成补偿了频率依赖性失真的均衡器输出 46。在另选实施例中，均衡器输出 46 可以是未被完全补偿的。在特定实施例中，接收器 40 可操作以按任何合适的方式将均衡器输出 46 中的信息向下游传送并传送给一个或更多个任何合适的数量的部件。

如以下更详细地描述的那样，接收器 40 在不使用专用监测器电路来检测失真的情况下对信号失真进行补偿。由于不使用专用监测器电路，因此接收器 40 可以实现一个或更多个技术优点。这些优点例如可以包括提高均衡器 42 的最高操作速率并且/或者降低接收器 40 消耗的功率。此外，可以缩小芯片区，可以重用已有的均衡器部件和/或功能性，并且/或者（由于不必设计专用监测器电路而）可以减少设计接收器 40 所需的设计努力。

应当指出的是，在一些特定实施例中，可以不进行预补偿并且发送器 20 可以不包括均衡器 24。在这些实施例中，接收器 40 可以使用均衡器 42 对失真进行补偿。在一些另选实施例中，发送器 20 可以包括均衡器 24，并且可以进行预补偿（即，发送器预增强）。在这些实施例中的某些实施例中，接收器 40 还可以使用均衡器 42 对失真进行补偿。在这些实施例中的其他实施例中，接收器 40 可以不使用均衡器 42 对失真进行补偿，并且接收器 40 可以不包括均衡器 42。

应当指出的是，在特定实施例中，可以将对信号进行针对失真的补偿的部件（例如，逻辑 47 和均衡器 42、逻辑 47 和均衡器 24、和/或逻辑 47 和多个均衡器）称为自适应均衡器的一部分。还应当指出的是，自适应均衡器可以在除（如已描述的那样的）信号传送系统以外的环境中按这里描述的方式进行补偿。例如，自适应均衡器可以在记录信道（例如，磁记录信道或光记录信道）中按这里描述的方式（或按类似方式）进行补偿。而且，可以使用任何合适的类型的均衡器（例如包括线性均衡器和判决反馈均衡器）如这里描述的那样进行补偿。

图 3 是例示了图 2 的示例数字信号传送系统 10 中的根据特定实施例

的示例接收器 40 的框图。均衡器 42 可操作以对使用通信介质 30 传送给均衡器 42 的信号的衰减进行补偿。在所示实施例中，接收器逻辑 47 包括基于由抽样器 104 抽样出的输出信号对施加给 3 个信号路径 101A、101B 以及 101C 中的每一个信号路径的增益量进行调节的自适应控制器 102。均衡器 42 的性能可能会遭受残留直流偏移。接收器逻辑 47 因此还可以包括偏移控制器 106，偏移控制器 106 基于由抽样器 104 抽样出的输出信号的直流偏移对施加给到来的信号的直流偏移补偿量进行调节。均衡器 42 的其他部件包括可变增益限制放大器 110、数学运算器（S）112、延迟生成器 114、可变增益放大器 116、合并器 118 以及驱动放大器 120。接收器逻辑 47 的其他部件包括抽样器 104 和时钟 105。将来自抽样器 104 的输出信号被例示为输出 50。

为了补偿频率依赖性失真，均衡器 42 可以（使用任何合适的分离器）将所接收到的输入信号 108 在 3 个信号路径 101A、101B 以及 101C 上划分，并使用可变增益放大器 116 选择性地对各路径上的信号部分进行放大。第一路径 101A 不对所接收到的输入信号部分进行数学运算。第二路径 101B 对信号进行一阶数学运算，如导数操作。该操作可以基于信号的频率并被例示为数学运算器（S）112。如以下也描述的那样，第三路径 101C 对信号进行二阶数学运算，如二阶导数操作。该操作也可以基于信号的频率并通过应用两个数学运算器（S）112 来例示。通过对信号的一阶和二阶分量选择性地进行放大，均衡器 42 对图 2 的信道 30 中的频率依赖性损耗效应进行近似的补偿。在另选实施例中，均衡器 42 可以具有任何合适数量的路径，例如仅具有一个路径。均衡器 42 可以是并行地针对失真进行补偿的均衡器示例。应当指出的是，可以采用任何合适的均衡技术（例如发送器预增强均衡和/或接收器均衡）和任何合适的均衡器（例如，模拟连续时间一阶导数滤波器、模拟连续时间二阶导数滤波器、多抽头有限脉冲响应滤波器、和/或多抽头判决反馈均衡器）按任何合适的方式（例如，在失真出现之前和/或之后）并行地进行针对失真的补偿。还应当指出的是，在另选实施例中，可以采用任何合适的均衡技术（例如发送器预增强均衡和/或接收器均衡）和任何合适的均衡器（例如，线

性均衡器和/或判决反馈均衡器）按任何合适的方式（例如，在失真出现之前和/或之后）串行地进行针对失真的补偿。

自适应控制器102可以包括用于对与均衡器42的输出信号有关的信息进行分析并用于对各可变增益放大器 116 的相应增益进行调节的任何合适的部件或部件组合。自适应控制器 102 可以包括模拟和/或数字电子部件，如晶体管、电阻器、放大器、恒流源或其他类似的部件。自适应控制器 102 还可以包括用于将信号从模拟信号转换成数字信号或从数字信号转换成模拟信号的合适的部件。根据特定实施例，自适应控制器 102 包括数字处理器，如微处理器、微控制器、嵌入式逻辑或其他信息处理部件。

在特定实施例中，自适应控制器 102 从抽样器 104 接收与输出信号相关联的数据和边界值信息。该值信息可以包括例如与各抽样数据和/或边界值相关联的高值或低值（如“1”或“0”）。如以下进一步描述的那样，基于该值信息，自适应控制器 102 可操作以对施加给输入数据信号的增益进行合适的调节。为了对增益进行调节，在特定实施例中，自适应控制器 102 可以对施加给各可变增益放大器 116 的偏压电流进行调节以调节所施加的增益。使用偏压电流来控制放大器 116 的一个优点在于：它可以在不改变放大器的带宽的情况下对放大器所施加的增益量进行调节，使得即使在增益增大时放大器也可以保持其动态范围。

抽样器 104 可以包括任何合适的部件，该部件被设计成从例如驱动放大器 120 接收均衡器输出 46 并从例如时钟 105 接收时钟信号并按由该时钟信号所限定的设定间隔对均衡器输出 46 进行抽样。该抽样可以是对与均衡器输出 46 相关联的数据值和/或边界值的抽样并且可以表示这些值中的每一个值的高值或低值。抽样器 104 还可操作以将所抽样出的数据值和边界值转发给自适应控制器 102 和/或偏移控制器 106。在特定实施例中，抽样器 104 可以包括执行抽样和 1 位（1-bit）模拟到数字转换的判决锁存器。在另选实施例中，抽样器 104 可以包括模拟抽样和保持（S/H）电路以对模拟信息进行抽样和转发以进行模拟信号处理。在另外的另选实施例中，抽样器 104 可以包括多位模拟到数字转换器（ADC）

并对数字信息进行转发以进行数字信号处理。

偏移控制器 106 可以包括用于对与均衡器 42 的均衡器输出 46 有关的信息进行分析并用于对在可变增益放大器 116 的一级或更多级处施加的直流偏移补偿量进行调节的任何合适的部件或部件组合。在特定实施例中，偏移控制器 106 可以包括微处理器、微控制器、嵌入式逻辑和/或任何其他合适的部件或部件组合。

在特定实施例中，偏移控制器 106 从抽样器 104 接收与均衡器输出 46 相关联的数据和边界值信息。该值信息可以包括例如各抽样数据和/或边界值的高值或低值。如以下进一步描述的那样，基于该值信息，偏移控制器 106 可操作以对施加给输入数据信号的补偿电压进行合适的调节（即，校正）以校正或补偿（即，抵消）任何残留直流偏移。

可以由均衡器 42 的各种部件，尤其是由可变增益放大器 116，对信号赋予直流偏移补偿。在多级可变增益放大器中，在级与级之间，直流偏移可以是累积的。为了对偏移进行校正，偏移控制器 106 可以对正在被可变增益放大器 116 放大的信号施加直流电压。根据特定实施例，偏移控制器 106 分多步施加补偿（即，校正）电压，其中在可变增益放大器 116 的不同级处进行各步。在这种实施例中，可以按任何合适的方式来确定在各步施加的电压量。例如，可以在这些步之间均匀地划分总校正电压，或者可以将总校正电压分配成与相应级的增益成比例的量。应当指出的是，可以另选地由诸如抽样器 104 的任何其他合适的部件来执行由偏移控制器 106 执行的某些或所有任务。

可变增益限制放大器（VGLA）110 表示用于对由均衡器 42 接收到的输入信号 108 进行调整的部件或部件的集合。该调整处理对输入信号 108 的总体电平进行调节以将该信号保持在数学运算器（S）112 和延迟生成器 114 的动态范围内。在特定实施例中，由施加给 VGLA 110 的偏压电流来控制由 VGLA 110 施加的放大量。

数学运算器（S）112 表示生成与到来的（incoming）信号相对于时间的导数（被称为“一阶操作”）成线性比例的输出的任何部件或部件的集合。数学运算器 S 112 可以包括任何合适的电子部件或电路系统，如用

于执行期望的数学运算的高通滤波器。根据特定实施例，该操作是导数操作，其取到来的信号相对于时间的导数，如到来的信号每 100 皮秒的电压变化。数学运算器 S 112 可以对信号施加一次或多次，基于 S 112 施加的次数而得到与到来的信号相对于时间的一阶、二阶、三阶或更高阶导数成比例的输出信号。

延迟生成器 114 表示在信号的传送过程中引入时间延迟的任何部件或部件的集合。延迟生成器 114 可以包括任何合适的电子部件或电路系统。根据特定实施例，由延迟生成器 114 对信号引入的延迟近似等于要应用于信号的数学运算器 S 112 所需的时间量。因此，可以使用延迟生成器 114 使输出信号的各部分在对应的路径 101A、101B 或 101C 中向下行进所需的时间量相等。按该方式，当信号的各部分到达合并（混合）器 118 处时可以使它们同步。

可变增益放大器 116 表示用于对信号进行放大的任何部件或多个部件。可变增益放大器 116 可以包括任何合适的电子部件，并且在特定实施例中，通过施加给特定可变增益放大器 116 的偏压电流来控制各可变增益放大器 116。在某些情况下，执行放大处理的特定部件的响应时间可能太长，使得放大器不能对在高值与低值之间快速变化的高频信号有效地进行放大。因此，可变增益放大器 116 可以包括一系列级，每个级都执行整个放大处理中的一部分。由于没有哪个级存在执行所有放大处理的负担，因此每个级进行其相应的增益所需的时间也更短。这使得该多级可变增益放大器 116 可以对更高频率的信号进行响应。

可变增益放大器 116 还可以对信号进行直流偏移补偿。在多级放大器中，每个级都可以进行直流偏移补偿。对直流偏移进行校正的一个方法是施加校正电压以校正信号中的直流偏移。可以在初始信号被放大之前将该校正电压全部施加给初始信号。然而，在一个点处全部施加该电压可能会导致该信号超过放大器 116 的一个或更多个级的动态范围。此外，每次增加新的级时对所施加的电压进行再计算和调节，因而如果在各级中增益是可变的，则可能会将直流偏移不均匀地分配在这些级中。为了解决该困难，特定实施例可以包括在放大器 116 的多个级处施加校

正电压。这使得可以在各级处校正该级的直流偏移，降低校正过程会使信号超出放大器的动态范围的可能性并消除每次增加了级时针对整个阵列对直流偏移进行再计算的必要。此外，当各级的增益是独立地可变的时，在各级处进行校正电压使得便于对直流偏移进行校正，使得不同的级可以具有不同的增益并且可以赋予不同的直流偏移。

合并器 118 表示用于将通信路径 101A、101B 以及 101C 上的信号再组合成单个信号的部件或部件的集合。合并器 118 可以包括任何合适的电子部件。合并器 118 向驱动放大器 120 提供组合信号。驱动放大器 120 表示用于对组合信号进行放大的任何部件或部件的集合。驱动放大器 120 对组合信号执行任何合适的放大以从均衡器 42 生成均衡器输出 46，均衡器输出 46 具有足够高的信号电平以使得可以将输出信号有效传送给抽样器 104。

在操作中，均衡器 42 接收输入信号 108，输入信号 108 包括由于经过通信介质的通信过程而已经衰减了的输入数据信号。VGLA 110 对该信号进行调整，使得信号电平在数学运算器（S）112 和延迟生成器 114 的动态范围内。均衡器 42 将该输入信号在 3 个路径 101A、101B 以及 101C 之间划分。由延迟生成器 114 将路径 101A 上的信号延迟两次以使路径 101A 上的信号与路径 101B 上的信号（其经受数学运算器 112 处理一次并被延迟生成器 114 延迟一次）同步，并与路径 101C 上的信号（其经受数学运算器 112 处理两次）同步。这样，3 个路径 101A、101B 以及 101C 上的输入信号分量分别对应于未经受数学运算、经受了一阶操作以及经受了二阶操作的输入信号，并且（使用延迟生成器 114 使）这 3 个分量在近似同一时刻同步到达合并器 118 处。

均衡器 42 接着利用相应的可变增益放大器 116 对各路径上的信号进行放大。由自适应控制器 102 来控制各放大器 116 的增益，并且对于各路径 101A、101B 以及 101C 来说该增益可以是不同的。这使得均衡器 42 可以针对与信号的频率之间具有不同比例关系的多个损耗效应而提供不同程度的补偿。一般来说，相对于基信号（base signal）对特定效应的补偿量与一比率成比例，该比率即对对应路径的放大与对路径 101A 上的未

改变信号的放大之比。因此，路径 101A 可以不施加增益或施加轻微的负增益（按 dB）以增大施加给其他路径的补偿的相对效果。偏移控制器 106 通过对应的放大器 116 和/或任何其他合适的部件对赋予各路径 101A、101B 以及 101C 上的相应信号的任何直流偏移进行校正。

由合并器 118 将来自各路径的放大信号组合成单个信号。驱动放大器 120 对该输出信号进行放大以使得可以将该输出信号有效地传送给另一目的地。抽样器 104 接收来自驱动放大器 120 的均衡器输出信号 46 和来自时钟 105 的时钟信号。抽样器 104 按由该时钟信号所限定的设定间隔对均衡器输出信号 46 进行抽样，以生成与均衡器输出信号 46 相关联的数据值和边界值。作为另一种选择，抽样器 104 可以对均衡器输出信号 46 进行抽样以只生成数据值并将所抽样出的数据值和其他合适的相位信息转发给自适应控制器 102 和偏移控制器 106。自适应控制器 102 和偏移控制器 106 接着可以利用所转发来的数据值和相位信息来推导出一个或更多个边界值。通常，如果相位较早，则边界值的高值或低值与紧接的前一数据值的高值或低值相同。如果相位较晚，则边界值的高值或低值与紧接的后一数据值的高值或低值相同。

如以下更详细地描述的那样，自适应控制器 102 对与均衡器输出信号 46 相关联的抽样数据和边界值进行分析以对施加给路径 101A、101B 以及 101C 中的一个或更多个路径的增益量进行调节，从而对残留频率依赖性衰减进行适当的补偿。偏移控制器 106 对与均衡器输出信号 46 相关联的抽样数据和边界值进行分析以对施加给路径 101A、101B 以及 101C 中的一个或更多个路径的校正电压量进行调节，从而适当地抵消残留直流偏移。

在上述自适应均衡器中不使用（在许多典型系统中使用的）专用监测器电路，其一个优点是在特定实施例中可以减少均衡器输出 46 的负荷。尤其是在高速电路中，减少均衡器输出 46 的负荷会提高均衡器 42 的最高操作速度并且/或者降低均衡器 42 消耗的功率。不使用专用监测器电路还可以缩小芯片面积，可以对已有接收器部件（例如时钟 105）进行有效的重用，并且可以减少设计专用监测器电路所需的设计努力。

尽管已对均衡器 42 的特定实施例进行了详细描述，但是存在许多其他可能的实施例。可能的变型例如包括：对路径 101A、101B 以及 101C 进行不同的或附加的数学运算，以针对不同的损耗性质进行补偿；增加或减少路径的数量；针对控制器 102 和 106 采用人工控制，而非自动反馈控制；使用单级放大器 116；接收（并适当地调节）包括差分序列（如低电压差分信令（LVDS））的信号；以及以上描述所建议的其他变化。总体上，可以按任何合适的方式对组件进行重排、修改或省略，并且可以按任何合适的方式将由这些部件执行的功能分配在不同或附加的部件中或合并在单个部件中。因此，应当明白，对接收器 40、均衡器 42 以及接收器逻辑 47 的实现可以包括任何这种变化，并且可以在任何合适的均衡器环境中使用本发明的特定实施例。要获得与可以使用的特定示例均衡器部件有关的更多详情，请参见 2004 年 2 月 20 日提交的标题为“Adaptive Equalizer with DC Offset Compensation”的非临时美国申请（序列号 10/783,170）。

如以上讨论的那样，通过信道 30 发送并在接收器 40 接收的信号会经受频率依赖性衰减。在接收器 40 处，均衡器 42 可以对所接收到的输入信号施加增益以对信号所表现出的衰减进行补偿。接收器逻辑 47 可以针对残留衰减对调节后的均衡器输出信号 46 进行分析，并基于该反馈对由均衡器 42 施加给输入信号的增益进行调节。具体来说，抽样器 104 可以接收均衡器输出信号 46（调节后的输入信号）和时钟信号，并在由该时钟信号确定的特定点处对该输出信号进行抽样以生成数据值和边界值。抽样器 104 可以接着将这些数据和边界值转发给自适应控制器 102 以进行（如下所示的）适当的分析。基于该分析，自适应控制器 102 可以对施加给到来的输入信号的增益进行调节。

图 4A、4B 以及 4C 与表现了多种类型的符号间干扰效应的均衡器输出信号相对照地例示了时钟信号的多个示例。在特定实施例中，抽样器 104 可以接收诸如在这些图中例示的那些信号的信号，并根据 2x 过抽样时钟和数据恢复（CDR）方案来对输出信号进行抽样。按这种方案，抽样器 104 可以每数据位时段（其可以由时钟信号来限定）对接收信号抽

样两次。对于一个数据位时段，抽样器 104 可以在输出信号中的应当对应于数据值的点处对输出信号抽样一次，并在输出信号中的应当对应于边界值的点处对输出信号抽样一次。基于对特定数据和边界值的分析，如以下进一步描述的那样，自适应控制器 102 可以对施加给由均衡器 42 接收到的信号的增益进行调节。

图 4A 与均衡器输出信号 46 相对照地例示了时钟信号示例 200，该均衡器输出信号 46 与时钟信号同相并且没有表现出符号间干扰效应。该时钟信号限定了数据点（被例示为对应于 D0 到 D5 的箭头）和边界点（被例示为对应于 E0 到 E4 的箭头）。抽样器 104 可以在数据点处对均衡器输出信号 46 进行抽样以生成数据值（即，D0 到 D5）并在边界点处对均衡器输出信号 46 进行抽样以生成边界值（即，E0 到 E4）。每个抽样数据值和边界值都可以包括低值（被例示为“L”）、高值（被例示为“H”）或随机地要么取高值要么取低值的随机值（被例示为“X”）。在特定实施例中，低值可以包括“0”，高值可以包括“1”，随机值可以随机地要么包括“0”要么包括“1”，并且随机值的平均值可以包括“0.5”。在另选实施例中，低值可以包括“-1”，高值可以包括“1”，随机值可以随机地要么包括“-1”要么包括“1”，并且随机值的平均值可以包括“0”。抽样器 104 可以将所抽样出的数据值和边界值转发给自适应控制器 102 以对增益进行适当的处理和调节。

将在两个连续数据值之间从高值到低值或从低值到高值的变化称为转变。在所例示的示例 200 中，在低数据值 D2 与高数据值 D3 之间、高数据值 D3 与低数据值 D4 之间以及低数据值 D4 与高数据值 D5 之间发生了转变。在没有表现出残留符号间干扰效应的信号中（如在示例 200 中），在包括相反值的两个连续数据值之间的每个边界值（例如，边界值 E2、E3 以及 E4）都包括随机值（被例示为“X”）。对于这种信号，由于符号间干扰效应已被完全补偿或不存在，因此自适应控制器 102 可以将施加给输入信号的增益随机地向上或向下调节。如果向上调节与向下调节的数量基本上相等，则施加给输入信号的增益在平均上说保持相同的水平。如果向上调节与向下调节的数量不是基本上相等，则施加给输入

信号的增益会从初始水平轻微地漂移。增益水平的这种漂移会产生轻微的残留符号间干扰。如以下例示的那样，均衡器接收器可以检测到该干扰并将该增益校正回平均初始水平。

图 4B 与均衡器输出信号 46 相对照地例示了时钟信号示例 300，该均衡器输出信号 46 与时钟信号同相但是表现出欠补偿残留符号间干扰效应。在此情况下，均衡器未对信号进行充分补偿，因此该信号存在低频倾向。在低频倾向信号中，如果在已经经过了同一高值或低值的几个连续数据值（例如，D0 到 D2）之后出现数据脉冲（例如，D3 处的数据脉冲），则该数据脉冲高度会由于缺少高频分量而降低。而且，该数据脉冲之前的边界值（例如 E2）或之后的边界值（例如 E3）将可能与该脉冲之前的数据值（例如 D2）的高值或低值相同（即，它们将不包括随机值）。因此，如以下进一步描述的那样，当对特定数据值和边界值进行分析时，自适应控制器 102 可以增大施加给输入信号的增益以对低频失真进行补偿。然而，应当指出的是，在特定实施例中并且如下所述，自适应控制器 102 在出现（例如 D2 与 D3 之间的）转变之前可能不能对输出信号所表现出的低频失真进行补偿。少数几个连续转变之后的边界值（例如在 E4 处）可以包括随机值“X”，因为这种连续转变可能使信号中的高频分量增大并使低频分量减小，因此，可能降低该边界值对残留符号间干扰的敏感度。

图 4C 与均衡器输出信号 46 相对照地例示了时钟信号示例 400，该均衡器输出信号 46 与时钟信号同相但是表现出过补偿残留符号间干扰效应。在此情况下，均衡器对输入信号进行了太多补偿，因此该信号存在高频倾向。在高频倾向信号中，如果在已经经过了同一高值或低值的几个连续数据值（例如，D0 到 D2）之后出现数据脉冲（例如，D3 处的数据脉冲），则脉冲高度会被增强后的高频分量抬高。而且，该数据脉冲之前的边界值（例如 E2）或之后的边界值（例如 E3）将可能与该数据脉冲之前的数据值（例如 D2）的高值或低值相反（即，它们将不包括随机值）。因此，如以下进一步描述的那样，当对特定数据值和边界值进行分析时，自适应控制器 102 可以减小施加给输入信号的增益以对高频失真进行补

偿。然而，应当指出的是，在特定实施例中并且如下所述，自适应控制器 102 在出现（例如 D2 与 D3 之间的）转变之前可能不能对输出信号所表现出的高频失真进行补偿。几个连续转变之后的边界值（例如在 E4 处）可以包括随机值“X”，因为这种连续转变可能使信号中的高频分量增大并使低频分量减小，因此，可能降低该边界值对残留符号间干扰的敏感度。

图 5 是例示了根据本发明特定实施例的用于对输出信号值进行解释以对残留符号间干扰进行补偿的方法 500 的流程图。该方法在步骤 510 处开始，在步骤 510 处，使用时钟信号对输出信号进行抽样。如以上结合图 3 描述的那样，该输出信号可以是均衡器的输出，并且可以根据时钟信号对该输出信号进行抽样。

在特定实施例中，可以在由时钟信号确定的基准数据点和边界点处对输出信号进行抽样。作为另一种选择，可以不在边界点处对输出信号进行抽样，而可以推导出与这些非抽样点相对应的边界值。在特定实施例中，自适应控制器 102 可以根据抽样出的数据值和其他相位信息（即，输出信号的相位是早还是晚）推导出边界值。例如，如果输出信号的相位早，则自适应控制器 102 可以确定边界值的高值或低值与紧接在该边界值之前的数据值的高值或低值相同。如果输出信号的相位晚，则自适应控制器 102 可以确定边界值的高值或低值与紧接在该边界值之后的数据值的高值或低值相同。

在步骤 520 处，在对输出信号进行抽样之后，可以对所抽样出的数据值进行分析，以确定在这些值中是否出现了转变。例如，可以由自适应控制器 102 来执行该分析。在步骤 530 处，如果未检测到转变，则本方法返回到步骤 520。如果在连续数据值之间检测到转变，则本方法进行到步骤 540。应当指出的是，在特定实施例中，可以通过直接将所接收到的数据值进行相互比较来检测转变。在另选实施例中，可以通过将所接收到的数据值和边界值与包括转变（并对应于特定自适应控制动作）的预定义的值模式进行比较来检测转变。还应当指出的是，在特定实施例中，可以在只检测到一个转变之后执行自适应动作。

如果检测到转变，则在步骤 540 处将包括该转变的连续数据值之间的边界值与该边界值之前 1.5 个位（或符号）的数据值进行比较。在特定实施例中，边界值与边界值之前 1.5 个位（或符号）的数据值之间的关系可以确定自适应均衡器动作响应。例如，在特定实施例中，可以对这两个值进行异或（XOR）操作（或同或（XNOR）操作）。在这种实施例中，XOR 操作（或 XNOR 操作）的结果可能对应于输出信号所表现出的特定类型的符号间干扰，因此，可以用以确定自适应均衡器动作响应。在另选实施例中，可以对这两个值应用反相关函数（或相关函数）。在这种实施例中，反相关函数（或相关函数）的结果可能对应于输出信号所表现出的特定类型的符号间干扰，因此，可以用以确定自适应均衡器动作响应。在再一另选实施例中，可以通过将所接收到的数据值和边界值与预定义的值模式（其对应于特定自适应控制动作）进行比较来对边界值与边界值之前 1.5 个位（或符号）的数据值进行比较。而且，在另选实施例中，可以使用距边界值更近或更远的数据值，而不一定使用边界值之前 1.5 个位（或符号）的数据值。应当指出的是，尽管以位为单位来表述这里的某些讨论，但是如果合适的话可以将这种讨论另选地解释成表示符号。

应当指出的是，对上述（以及下述）边界值的分析只是示例。更一般的是，基于对输出信号的抽样，误差值（如已描述的特定边界值）可以表示失真（以下将进一步讨论的频率依赖性失真和/或直流偏移失真）的残留量。基于所生成的误差值，可以对施加给数据信号的损耗补偿（和/或偏移补偿）进行调节。在特定实施例中，例如，误差值可以包括脉冲宽度值（宽、窄或典型的），并且可以从带有两个转变的 3 个连续数据值中的 2 个连续边界值和中间数据值推导出脉冲宽度值。可以使用该脉冲宽度值来调节所进行的损耗补偿。

在步骤 550 处，对边界值与边界值之前 1.5 个位（或符号）的数据值是否具有相同的高值或低值进行确定。在特定实施例中，如上所述，可以以 XOR（或 XNOR）操作将这两个值进行比较。在另选实施例中，可以对这两个值应用反相关函数（或相关函数）。在再一另选实施例中，

可以通过将它们与预定义模式进行比较来比较这两个值。如果这两个值具有相同的高值或低值（例如，如果 XOR 结果等于“0”，如果反相关函数结果等于“-1”，或者如果这些值对应于特定的预定义的值模式），则本方法进行到步骤 560。在步骤 560 处，均衡器将施加给信号的增益增大。在特定实施例中，增益的增大会补偿信号所表现出的欠补偿残留符号间干扰。如图 4B 所例示，这种干扰由“0” XOR 结果来揭示。

应当指出的是，在另选实施例中，自适应控制动作可以是采用各种常规自适应控制算法的任何合适的自适应控制动作。例如，自适应控制动作可以基于诸如最小均方（LMS）算法、符号－符号最小均方（SS-LMS）算法、迫零（ZF）算法等等的常规自适应控制算法。

如果在步骤 550 处确定边界值与边界值之前 1.5 个位（或符号）的数据值具有相反的高值或低值（例如，如果 XOR 结果等于“1”，如果反相关函数结果等于“+1”，或者如果这些值对应于特定的预定义的值模式），则本方法进行到步骤 570。在步骤 570 处，均衡器将施加给信号的增益减小。在特定实施例中，增益的减小会补偿信号所表现出的过补偿残留符号间干扰。如图 4C 所例示，这种干扰由“1” XOR 结果来揭示。

应当指出的是，在特定实施例中，可以由自适应控制器 102 执行步骤 550、560 以及 570，并且可以使用可变增益放大器 116 对所施加的增益进行调节。而且，在特定实施例中，如果对一个以上信号路径（例如对示例均衡器 42 中的路径 101）施加增益，则可以在一个路径中对所施加的增益进行调节并固定其他路径的增益。在另选实施例中，可以利用特定函数将独立控制变量映射到多个路径，并且可以根据该映射过程对这些路径进行增益。作为另一种选择，如以下结合图 7 到 10 进一步讨论的那样，可以针对各路径独立地调节增益。

图 6 是例示了与图 5 的方法 500 相关联的示例增益控制方案的表 600。每个行 602 都对应于特定值模式，针对该特定值模式执行特定自适应均衡器控制动作。列 610 包括所抽样出的系列数据和边界值中的每一个的高值或低值（尽管它可以是“1”或“0”，或者在其他示例中是任何其他合适的值，但是在该特定示例中是“+1”或“-1”）。列“D1”包括

输出信号的第一抽样数据值，列“D2”包括输出信号的第二抽样数据值，列“D3”包括输出信号的第三抽样数据值，列“E2”包括第二数据值与第三数据值之间的边界值。这些值类似于图 4A 到 4C 中例示的那些值。如可以观察到的那样，在每个模式中在列“D2”与“D3”的数据值之间出现了转变。

应当指出的是，可以由抽样器 104 抽样出各行 602 中的值的模式并将其发送给自适应控制器 102。在特定实施例中，自适应控制器 102 可以接收比所例示的数量更多数量的值，例如，包括列“D1”与“D2”中的数据值之间的边界值。作为另一种选择，如以上所讨论的那样，自适应控制器 102 可以只接收抽样数据和其他相位信息，并且可以根据这些数据值和相位信息推导出特定边界值（例如包括列 E2 中的边界值）（而可以不由抽样器 104 来抽样出）。

列 612 包括 ISI 程度。ISI 程度是从与输出信号相关联的特定值推导出来的。例如，ISI 程度可以是对包括转变的两个数据值之间的边界值和该边界值之前 1.5 个位的数据值应用反相关函数的结果。在特定实施例中，可以利用与“高/低”值相对应的“+1/-1”值将 ISI 程度计算为边界值与数据值之积的反值。在表 600 中，列 612 中的 ISI 程度是对同一行 602 中的列 E2 中的边界值和列 D1 中的数据值（边界值之前 1.5 个位）应用反相关函数的结果。可以利用与“高/低”值相对应的“+1/-1”值将 ISI 程度计算为 E2 与 D1 之积的反值。如列 614 和 616 中例示的那样，“-1”的 ISI 程度与欠补偿均衡程度和对均衡器补偿的增大相关联。“+1”的 ISI 程度与过补偿均衡程度和对均衡器补偿的减小相关联。因此，基于 ISI 程度，进行特定自适应均衡器动作。在另选实施例中，可以将所接收到的数据和边界值与预定义的值模式进行比较，并且这些预定义的值模式可以对应于特定自适应控制动作。

应当指出的是，在特定实施例中，自适应控制器 102 可以接收抽样值流并从这些值中选择合适的值（例如，包括转变的两个数据值之间的边界值和该边界值之前 1.5 个位的数据值）。自适应控制器 102 接着可以例如通过对这些选中的值应用反相关函数而根据这些选出的值推导出 ISI

程度。自适应控制器 102 接着可以基于该反相关函数的结果而进行合适的自适应控制动作。作为另一种选择，自适应控制器 102 可以将这些抽样值与预定义的值模式（其对应于特定自适应控制动作）进行比较。基于这些抽样值所对应的特定的预定义的值模式，自适应控制器 102 可以进行对应的自适应控制动作。

在不脱离本发明的范围的情况下可以对所述系统和方法进行修改、添加或省略。可以根据具体需要对所描述的系统和方法的部件进行集成或分立。此外，可以由更多、更少或其他部件来执行所述系统和方法的操作。

在特定实施例中，均衡器（如图 3 的均衡器 42）可以对一个以上独立参数（如信号的未改变的分量、一阶分量以及二阶分量）进行控制。多参数（多维）均衡器的示例包括二阶导数均衡器和 3 抽头有限脉冲响应（FIR）滤波器。如以上所讨论的那样，如果例如针对一个参数对所施加的增益进行调节并固定其他参数的增益，则可以在多维均衡器中使用方法 500。作为另一种选择，如果根据合并了多个独立参数的特定函数对所施加的增益进行调节（但是不针对各独立参数来独立地调节增益），则可以在多维均衡器中使用方法 500。在该另选例中，可以针对各独立控制的参数来独立地调节所施加的增益。如以下进一步描述的那样，在 3 抽头 FIR 滤波器中，例如，可以独立地对第二和第三抽头系数进行调节，并且这些调节中的每一个都可以包括对针对失真的补偿的调节。

基于一个或更多个抽样数据值与边界值（其位于包括转变的连续数据值之间）之前 1.5 个位的抽样数据值之间特定关系，可以针对各独立控制参数独立地对诸如增益的补偿进行调节。特定关系例如可以对应于针对特定独立控制参数的特定类型的符号间干扰。当例如自适应控制器 102（例如利用预定义数据值模式）检测到多个抽样数据值之间的这种关系时，自适应控制器 102 可以进行特定自适应均衡器控制动作以对特定的一个或更多个独立控制参数进行调节。

被自适应控制器 102 用来与抽样数据值的到来的流相比较的预定义数据值模式可以对针对特定的独立控制参数的符号间干扰尤其敏感。例

如，基于包括转变的数据值之间的边界值对正在被调节的独立控制参数的敏感度，可以选择出这些模式。具体地说，可以基于经均衡的信道脉冲响应相对于该独立控制参数的偏导数（例如，基于该偏导数的符号和量值）来选择这些模式。这是因为均衡器输出信号 46 被表示为发送数据序列与均衡信道脉冲响应的卷积。

例如，在模拟、二阶导数均衡器中，可以将经均衡的信道脉冲响应相对于一阶导数增益的偏导数假设为在峰值之后 1.5 和 2.5 个位处是负的。因此，如果一阶导数增益太高，则边界值与该边界值之前 1.5 和 2.5 个位的数据值之间的相关性可能都是负的。另一方面，如果一阶导数增益太低，则边界值与该边界值之前 1.5 和 2.5 个位的数据值之间的相关性可能都是正的。这是因为该数据对应于脉冲响应的峰值并且该边界对应于该脉冲响应中的峰值之后的尾部。可以将均衡信道脉冲响应相对于二阶导数增益的偏导数假设为在峰值之后 1.5 个位处是负的并且在峰值之后 2.5 个位处是正的。因此，如果二阶导数增益太高，则边界值与该边界值之前 1.5 个位的数据值之间的相关性可能是负的，并且边界值与该边界值之前 2.5 个位的数据值之间的相关性可能是正的。另一方面，如果二阶导数增益太低，则边界值与该边界值之前 1.5 个位的数据值之间的相关性可能是正的，并且边界值与该边界值之前 2.5 个位的数据值之间的相关性可能是负的。利用这些关系，可以采用各种技术（例如，下述方法 700）对施加给输入信号的一阶导数分量的增益和施加给输入信号的二阶导数分量的增益进行调节。

作为另一示例，在其中主抽头是第一抽头的 3 抽头有限脉冲响应（FIR）滤波器均衡器中，可以将经均衡的信道脉冲响应相对于第二抽头系数的偏导数假设为在峰值之后 1.5 和 2.5 个位处是正。可以将经均衡的信道脉冲响应相对于第三抽头系数的偏导数假设为在峰值之后 1.5 个位处是零并且在峰值之后 2.5 个位处是正的。利用这些关系，可以采用各种技术（例如，下述方法 1000）对第二抽头系数和第三抽头系数进行调节。按该方式，FIR 滤波器均衡器可以并行地进行多抽头 FIR 滤波器均衡。应当指出的是，可以针对不同类型的均衡器利用不同的关系。例如，可以

针对并行地进行多抽头判决反馈均衡的多抽头判决反馈均衡器来利用不同的关系。

图 7 是例示了根据本发明特定实施例的用于对模拟二阶导数均衡器中针对多个独立控制参数的输出信号值进行解释的示例方法 700 的流程图。对于模拟二阶导数均衡器，可以对 3 个独立控制参数（例如包括对输入信号的未改变部分施加的增益、对输入信号的被改变成输入信号的一阶导数的部分施加的增益、以及对输入信号的被改变成输入信号的二阶导数的部分施加的增益）进行控制。例如，可以通过模拟连续时间一阶导数滤波器均衡和/或模拟连续时间二阶导数滤波器均衡来进行并行补偿。

方法 700 在步骤 710 处开始。步骤 710 到 770 可以与上述方法 500 中的步骤 510 到 570 相同，因此不再对它们进行详细描述。然而，应当指出的是，在步骤 710 到 770 中，可以针对第一路径对第一独立参数进行控制。例如，可以利用步骤 710 到 770 对施加给输入信号在第一路径（如均衡器 42 的路径 101A）中的未改变部分的增益进行调节。在特定实施例中，可以通过减小对输入信号在第一路径中的未改变部分施加的增益来增大第一路径中的均衡器补偿，并且可以通过增大对输入信号在第一路径中的未改变部分施加的增益来减小第一路径中的均衡器补偿。这是因为均衡器补偿量会取决于第二路径和第三路径对第一路径的相对增益，因此，增大第一路径的增益将有效减小第二路径和第三路径对第一路径的相对增益。在步骤 780 到 850 中，可以针对第二路径和第三路径分别对第二独立参数和第三独立参数进行控制。例如，可以利用步骤 780 到 850 对施加给输入信号在第二路径（如均衡器 42 的路径 101B）中的被改变成输入信号的一阶导数的部分的增益进行调节，并对施加给输入信号在第三路径（如均衡器 42 的路径 101C）中的被改变成输入信号的二阶导数的部分的增益进行调节。

在步骤 780 和 790 中，如果包括转变的数据值之间的边界值和该边界值之前 1.5 个位的数据值具有不同的值（高值或低值），则对该边界值之前 1.5 个位的数据值的值（高值或低值）与该边界值之前 2.5 个位的数

据值的值是否相同或相反进行确定。例如，可以通过执行合适的运算或通过将所接收到的数据值和边界值与预定义的值模式（其对应于特定自适应控制动作）进行比较来进行该确定。如果这两个值不同（相反），则方法 700 进行到步骤 800，并减小对输入信号在第三路径中的二阶导数分量施加的增益。如果这两个值相同，则方法 700 进行到步骤 810，并减小对输入信号在第二路径中的一阶导数分量施加的增益。

在步骤 820 和 830 处，如果包括转变的数据值之间的边界值和该边界值之前 1.5 个位的数据值具有相同的值（高值或低值），则对该边界值之前 1.5 个位的数据值的值（高值或低值）与该边界值之前 2.5 个位的数据值的值是否相同或相反进行确定。同样，可以例如通过执行合适的运算或通过将所接收到的数据值和边界值与预定义的值模式（其对应于特定自适应控制动作）进行比较来进行该确定。如果这两个值不同（相反），则方法 700 进行到步骤 840，并增大对输入信号在第三路径中的二阶导数分量施加的增益。如果这两个值相同，则方法 700 进行到步骤 850，并增大对第二路径中的一阶导数分量施加的增益。

应当指出的是，如以上在方法 700 中描述的那样，在特定实施例中独立控制参数的数量可以与被调节参数的数量相同。在另选实施例中，独立控制参数的数量可以比被调节参数的数量少。例如，在模拟二阶导数均衡器中，可以存在 2 个独立控制参数（即，对输入信号的一阶导数分量施加的第一增益和对输入信号的二阶导数分量施加的第二增益），并且可以存在 3 个被调节参数（即，对输入信号的未改变分量施加的第三增益（固定增益））。作为另一示例，第一独立控制变量可以对施加给未改变分量的增益与施加给一阶导数分量的增益之间的关系进行控制，第二控制变量可以对施加给二阶导数分量与施加给未改变分量的增益和施加给一阶导数分量的增益中的较大者之间的关系进行控制。如果合适的话，可以修改方法 700 以满足这些不同情况。

图 8 是例示了与图 7 的方法 700 相关联的示例增益控制方案的表 900。每个行 902 都对应于特定值模式，针对该特定值模式执行特定自适应均衡器控制动作。列 910 包括由抽样数据和边界值组成的模式，其中

值可以具有高（“1”）值或低（“0”）值。列“D0”包括输出信号的第零抽样数据值，列“D1”包括输出信号的第一抽样数据值，列“D2”包括输出信号的第二抽样数据值，列“D3”包括输出信号的第三抽样数据值，列“E2”包括第二数据值与第三数据值之间的边界值。这些值类似于图4A 到 4C 中例示的那些值。如可以观察到的那样，在每个模式中在列“D2”与“D3”的数据值之间出现了转变。

应当指出的是，可以通过抽样器 104 抽样出各行 902 中的值并将其发送给自适应控制器 102。自适应控制器 102 可以将所抽样出的值与一个或更多个预定的值模式进行比较。在特定实施例中，当检测到匹配时，自适应控制器 102 可以采取一个或更多个自适应均衡器动作的关联组。在这种实施例中，可能（例如因为正在使用预定的值模式而）已经知道这些值之间的特定关系，因此不必执行方法 700 中的上述一个或更多个步骤（例如，步骤 780、790、820 以及 830）。

还应当指出的是，在特定实施例中，自适应控制器 102 可以接收比所例示的值的数量更多的值，例如包括列“D0”与“D1”中的数据值之间的边界值和列“D1”与“D2”中的数据值之间的边界值。作为另一种选择，如上面所讨论的那样，自适应控制器 102 可以只接收抽样数据值和其他相位信息，而可以根据这些数据值和其他相位信息推导出特定边界值（例如包括列 E2 中的边界值）（因而可以不通过抽样器 104 来抽样出）。

列 920 包括每个行 902 在列“E2”处的二中择一的边界值。列 924 包括针对特定模式的与输入信号的未改变分量相关联的特定补偿程度和自适应均衡器动作。可以如以上在方法 700 中讨论的那样来施加自适应均衡器动作。列 930 包括针对特定模式的与输入信号的一阶导数分量相关联的特定补偿程度和自适应均衡器动作。也可以如以上在方法 700 中讨论的那样来施加这些自适应均衡器动作。列 940 包括针对特定模式的与输入信号的二阶导数分量相关联的特定补偿程度和自适应均衡器动作。也可以如以上在方法 700 中讨论的那样来施加这些自适应均衡器动作。

图 9 是例示了根据本发明特定实施例的用于对 3 抽头 FIR 滤波器中的多个均衡器参数的输出信号值进行解释的示例方法 1000 的流程图。方法 1000 在步骤 1010 处开始。步骤 1010 到 1030 可以与上述方法 500 中的步骤 510 到 530 类似，因此不再对它们进行详细描述。在特定实施例中，第一抽头系数可以是固定的，并且不通过自适应控制来调节它。步骤 1080 到 1170 可以对第二抽头系数和第三抽头系数进行调节。应当指出的是，在 3 抽头 FIR 滤波器中，如以下进一步描述的那样，可以独立地对第二抽头系数和第三抽头系数进行调节，并且这些调节中的每一个都可以包括对针对失真的补偿的调节。通常，无论在 3 抽头 FIR 滤波器均衡器、模拟导数滤波器均衡器还是任何其他合适的均衡器的环境下，即使每个路径只执行所述补偿的一部分并且在将来自所有路径的输出组合在一起时才在组合体中出现所述补偿，也可以将对各路径执行的动作称为对针对失真的补偿进行了应用或调节。

在步骤 1080 和 1090 中，对位于包括转变的数据值之间的边界值之前 1.5 个位的数据值的值（高值或低值）与该边界值之前 2.5 个位的数据值的值是否相同或相反进行确定。例如，可以通过执行合适的运算或通过将所接收到的数据值和边界值与预定义的值模式（其对应于特定自适应控制动作）进行比较来进行该确定。如果这两个值不同（相反），则方法 1000 进行到步骤 1100。如果这两个值相同，则方法 1000 进行到步骤 1140。

在步骤 1100 和 1110 处，对位于包括转变的数据值之间的边界值之前 2.5 个位的数据值的值（高值或低值）与该边界值的值是否相同或相反进行确定。例如，可以通过执行合适的运算或通过将所接收到的数据值和边界值与预定义的值模式（其对应于特定自适应控制动作）进行比较来进行该确定。如果这两个值不同（相反），则方法 1000 进行到步骤 1120，并增大第三抽头系数。如果这两个值相同，则方法 1000 进行到步骤 1130，并减小第三抽头系数。

在步骤 1140 和 1150 处，对位于包括该转变的数据值之间的边界值之前 2.5 个位的数据值的值（高值或低值）与该边界值的值是否相同或相

反进行确定。同样，可以通过执行合适的运算或通过将所接收到的数据值和边界值与预定义的值模式（其对应于特定自适应控制动作）进行比较来进行该确定。如果这两个值不同（相反），则方法 1000 进行到步骤 1160，并增大第二和第三抽头系数。如果这两个值相同，则方法 1000 进行到步骤 1170,并减小第二抽头系数和第三抽头系数。

图 10 是例示了与图 9 的方法相关联的示例增益控制方案的表 1200。每个行 1202 都对应于特定值模式，针对该特定值模式执行特定自适应均衡器控制动作。列 1210 包括由抽样数据和边界值的模式，其中值可以是高（“1”）值或低（“0”）值。列“D0”包括输出信号的第零抽样数据值，列“D1”包括输出信号的第一抽样数据值，列“D2”包括输出信号的第二抽样数据值，列“D3”包括输出信号的第三抽样数据值，列“E2”包括第二数据值与第三数据值之间的边界值。这些值类似于图 4A 到 4C 中例示的那些值。如可以观察到的那样，在每个模式中，在列“D2”与“D3”的数据值之间出现了转变。

应当指出的是，抽样器 104 可以抽样出各行 1202 中的值的模式并将其发送给自适应控制器 102。自适应控制器 102 可以将所抽样出的值与一个或更多个预定值模式进行比较。在特定实施例中，当检测到匹配时，自适应控制器 102 可以采取一个或更多个自适应均衡器动作的关联组。在这种实施例中，可能（例如因为正在使用预定的值模式而）已经知道这些值之间的特定关系，因此不必执行方法 1000 中的上述一个或更多个步骤（例如，步骤 1080）。

还应当指出的是，在特定实施例中，自适应控制器 102 可以接收比所例示的值的数量更多的值，例如包括列“D0”与“D1”中的数据值之间的边界值和列“D1”与“D2”中的数据值之间的边界值。作为另一种选择，如上所讨论的那样，自适应控制器 102 可以只接收抽样数据值和其他相位信息，而可以根据这些数据值和其他相位信息推导出特定边界值（例如包括列 E2 中的边界值）（因而可以不通过抽样器 104 来抽样出）。

列 1220 包括每个行 1202 在列“E2”处的二中择一的边界值。列 1230 包括针对特定模式的与第二抽头系数相关联的特定系数水平和自适应均

衡器动作。也可以如以上在方法 1000 中讨论的那样来施加这些自适应均衡器动作。列 1240 包括针对特定模式的与第三抽头系数相关联的特定系数水平和自适应均衡器动作。也可以如以上在方法 1000 中讨论的那样来施加这些自适应均衡器动作。

在不脱离本发明的范围的情况下可以对所述系统和方法进行修改、添加或省略。可以根据具体需要对所述系统和方法的组成部分进行集成或分离。此外，可以由更多、更少或其他组成部分来执行所述系统和方法的操作。

如以上结合图 5 讨论的那样，位于包括转变的连续数据值之间的边界值与该边界值之前 1.5 个位的数据值之间的关系可以与信号的特定均衡程度相关。对于具有充分随机化的数据序列的信号来说该相关性会尤其精确。然而，如果信号具有周期性或准周期性数据序列，则该相关性会受序列的周期性的影响。特别的是，如果到来的信号或时钟信号存在占空比失真，则该相关性甚至会受序列的周期性的更严重的影响。

通常，周期性或准周期性数据序列在诸如相邻数据值的多个数据值之间存在强相关性，因而会影响信号的频谱。例如，如果相邻数据值更可能是相同的值而不是不同的值，则该信号是低频倾向的，而如果相邻数据值更可能是不同的值而不是相同的值，则该信号是高频倾向的。信号频谱的这种失真会影响自适应均衡器的使信号频谱变平坦的能力。通常，即使不存在占空比失真，周期性或准周期性数据序列也存在对均衡器的自适应增益控制的这种负面影响。

占空比失真会增强周期性和准周期性序列对均衡器的自适应增益控制的这种负面影响。例如，假设可以将到来的数据依次标记为偶数据和奇数据。还可以将数据之间的边界依次标记为偶边界和奇边界。这里，偶边界可以表示在偶数据之后并在奇数据之前的边界，而奇边界可以表示在奇数据之后并在偶数据之前的边界。占空比失真会导致接收器逻辑的偶边界值和奇边界值严重地向“早”相位（即，与前一数据值相同的相位）或“晚”相位（即，与下一数据值相同的相位）偏离。例如，偶边界值会向“早”相位偏离，而奇边界值会向“晚”相位偏离。

如果周期性或准周期性数据序列的周期是两个数据值的倍数，那么偶边界处的转变数量与奇边界处的转变数量也会偏离。例如，在周期性或准周期性数据序列中会在偶边界处比在奇边界处更频繁地出现转变。均衡器控制会受到在周期性或准周期性数据序列中对转变起支配作用的偶边界或奇边界处的边界值如何被偏离（即，是“早”相位还是“晚”相位）的影响，该偏离是由于占空比失真所引起的。在恢复的时钟锁定到该到来的周期性或准周期性的到来的数据序列之前，这种影响是不可确定的，因为在由于占空比失真而具有“早或晚的”相位的边界值的偏离与由于周期性或准周期性数据序列而具有“支配性或非支配性”转变的边界的偏离之间的对应性可能取决于存在占空比失真的恢复时钟如何锁定到该到来的周期性或准周期性数据序列。

由于边界值的这种偏离（“早”相位或“晚”相位），在周期性或准周期性数据序列中对转变起支配作用的“偶”或“奇”边界处，均衡器控制动作也会存在偏离。向特定均衡器控制动作的不平衡偏离会使均衡器控制产生不可接受的结果。

图 11 例示了受占空比失真影响的示例边界信息 1300。在接收器逻辑处接收信号 1310 并利用存在占空比失真的四相半速率时钟对该信号 1310 进行抽样。可以在时钟 A（CLKA）1320 的上升边沿处抽样到偶数据值，可以在时钟 C（CLKC）1340 的上升边沿处抽样到奇数据值，可以在时钟 B（CLKB）1330 的上升边沿处抽样到偶边界值，并且可以在时钟 D（CLKD）1350 的上升边沿处抽样到奇边界值。在本示例中，时钟 B 1330 的占空比超过 50%，时钟 D 1350 的占空比小于 50%。结果，在时钟 B 1330 的上升边沿处抽样出的偶边界值严重地向“早”相位偏离，而在时钟 D 1350 的上升边沿处抽样出的奇边界值严重地向“晚”相位偏离。如果取“早”计数和“晚”计数的平均，则时钟恢复循环可以锁定在该相位位置。如果到来的周期性或准周期性信号在偶边界与奇边界之间存在偏离转变，则在对转变起支配作用的边界处的偏离相位会使自适应控制动作偏离。例如，如果在时钟 B（CLKB）1330 的上升边沿处抽样出的偶边界具有比在时钟 D（CLKD）1350 的上升边沿处抽样出的奇边界更多的转

变，则在偶边界处自适应控制动作会向“早”相位偏离。如果在均衡器的自适应增益控制器中不考虑这些偏离，则均衡器的自适应操作的结果会受影响。

考虑偶边界值和奇边界值中的相反偏离的一个方式是使这些偏离平衡。可以通过只在控制器检测到大致相等地分布在两个相位中的特定数据模式（具有大致相等的出现概率）时才施加自适应均衡器动作来实现该平衡。可以使用这些特定数据模式（可以将其称为滤波器模式）来使在（准）周期性数据序列中产生的偏离变平衡，这些特定数据模式也可以与充分随机化数据序列一起使用，而没有什么问题。按该方式，可以针对（准）周期性数据序列和充分随机化数据序列使自适应均衡器控制的特性一致。如果存在一个以上独立控制参数，则自适应均衡器控制可以使用特定滤波器模式来控制施加给各特定独立控制参数的增益。在特定实施例中，如以上结合图 7 到 10 讨论的那样，可以从大致相等地出现的模式组中根据针对特定独立控制参数的经均衡的信道脉冲响应的偏微分梯度来选择用以对施加给该参数的增益进行控制的滤波器模式。

图 12 是例示了根据本发明特定实施例的用于选择滤波器模式以减小占空比失真的负面影响的示例方法 1400 的流程图。可以使用方法 1400 来选择与周期性或准周期性数据序列（如由电气与电子工程师学会（IEEE）802.3ae 标准定义的 8B10B 空闲序列和 8B10B CJPAT 测试序列）一起使用的滤波器模式。

方法 1400 在步骤 1410 处开始，在步骤 1410 处，对偶数据序列和奇数据序列组进行监测。偶数据序列组包括从偶（即，在偶相位处的）数据开始、接着是奇数据、偶数据、奇数据等等的数据序列。奇数据序列组包括从奇（即，在奇相位处的）数据开始、接着是偶数据、奇数据、偶数据等等的数据序列。在步骤 1420 处，确定在该偶数据序列和奇数据序列中的数据模式的分布。在特定实施例中，该数据模式可以包括 6 个位。在另选实施例中，该数据模式可以包括 5 个位。在再一另选实施例中，该数据模式可以包括任何其他合适的位数。在步骤 1430 和 1440 处，只对在偶数据序列和奇数据序列中均观察到的那些模式进行进一步分

析。在步骤 1500 处不选择未在两个序列中均观察到的那些模式作为滤波器模式。

在步骤 1450 和 1460 处，对于在偶数据序列和奇数据序列两者的数据模式分布中均观察到的那些模式，对这些模式中的任何模式是否相等地（或大致相等地）分布在偶数据序列和奇数据序列两者中进行确定。如以上讨论的那样，选择大致相等地分布的数据模式作为滤波器模式会抵消由于占空比失真而产生的偏离。对于相等地（或大致相等地）分布的那些模式，方法 1400 进行到步骤 1470。在步骤 1500 处不选择不是大致相等地分布的任何模式作为滤波器模式。

在步骤 1470 和 1480 处，对其余模式中的任何模式在最后两个位之间是否存在转变进行确定。如以上讨论的那样，利用包括转变的连续数据值之间的边界值与该边界值之前一个或更多个数据值之间的关系来确定要施加的自适应均衡器动作。因此，特定实施例可以只选择在最后两个位之间存在转变的那些数据模式。在这种实施例中，在步骤 1500 处因而不选择在最后两个位之间不存在转变的任何模式作为滤波器模式。

在步骤 1490 处，选择在两个序列中均观察到的、（大致）相等地分布在两个序列中、并且在最后两个位之间存在转变的那些模式，将它们选择为滤波器模式。然而，应当指出的是，在选择这些模式作为滤波器模式之前甚至可以对这些模式进行进一步分析。例如，如以下进一步描述的那样，如果这些模式中的特定（多个）模式更适合用于控制特定独立控制参数，则可以选择该特定（多个）模式来控制该特定独立控制参数。如这里讨论的那样，接着可以使用这些滤波器模式来进行均衡器控制调节。

图 13 是例示了偶 8B10B 空闲数据序列和奇 8B10B 空闲数据序列中的六位数据模式的示例分布 1600 的表。列 1610 包括多个六位数据模式，列 1620 包括在偶 8B10B 空闲数据序列中观察到特定模式的概率，列 1630 包括在奇 8B10B 空闲数据序列中观察到特定模式的概率。这里，偶数据序列是指以偶数据开始、接着是奇数据、偶数据、奇数据等等的数据序列。奇数据序列是指以奇数据开始、接着是偶数据、奇数据、偶数据等

等的数据序列。对于列 1610 中的各数据模式，较早的位在较晚的位的左边。列 1620 或列 1630 中的空白单元表示在相关联的数据序列中观察到相关联的数据模式的概率是零。

如在分布 1600 中例示的那样，在偶 8B10B 空闲数据序列和奇 8B10B 空闲数据序列中均观察到 4 个数据序列：000010、111010、000101 以及 111101。而且这 4 个模式相等地分布在两个序列中，有 4.796%的时间观察到各模式。此外，这 4 个模式在最后两个位之间存在转变。因此，在特定实施例中，可以利用方法 1400 选择这些数据序列作为滤波器模式，并且可以仅当观察到这些滤波器模式时施加自适应控制动作。利用这些滤波器模式，可以减小占空比失真的负面影响。此外，针对 8B10B 空闲数据序列的控制行为可以与针对充分随机化数据序列的控制行为相一致。

应当指出的是，在特定实施例中，（例如，在二阶导数均衡器中）可以利用多个独立控制参数来调节施加给输入信号的一阶和二阶导数分量的增益。在这种情况下，当接收 8B10B 空闲数据序列时，对于这些独立控制参数来说，所观察到的并且相等地分布的滤波器模式中的特定滤波器模式可能更适合。例如，良好适合的滤波器模式可以包括这样的滤波器模式：其具有包括转变的连续数据值之间的边界值，该边界值对施加给一阶或二阶导数分量的增益相对敏感。因此，在本示例中，良好适合的滤波器模式包括使得自适应控制器有效地使信号的一阶或二阶导数分量均衡的那些滤波器模式。

对于 8B10B 空闲数据序列，良好适合的滤波器模式可以包括用于对一阶导数分量施加增益的 000010 和 111101。在特定实施例中，因此可以仅当在均衡器处观察到对应于这些滤波器模式的数据值时才对一阶导数分量施加自适应控制动作。按该方式，可以有效地使信号的一阶导数分量均衡。为了（在 8B10B 空闲数据序列的环境下）对二阶导数分量施加增益，良好适合的滤波器模式可以包括 000101 和 111010。在特定实施例中，因此可以仅当在均衡器处观察到对应于这些滤波器模式的数据值时才对二阶导数分量施加自适应控制动作。按该方式，可以有效地使信号

的二阶导数分量均衡。

图 14 是例示了与使用从图 13 的表推导出的示例滤波器模式来调节施加给输入信号的未改变分量、一阶导数分量以及二阶导数分量的增益相关联的示例增益控制方案的表 1700。输入信号例如可以是 8B10B 空闲数据序列、另一（准）周期性信号（其中图 13 的滤波器模式大致相等地分布）、或良好随机化的信号。每个行 1702 都对应于特定值模式，针对该特定值模式执行特定自适应均衡器控制动作。这些行 1702 中的每个数据模式都对应于以上结合图 13 描述的选出的滤波器模式中的一个。

列 1710 包括由抽样数据和边界值组成的模式，其中值可以是高（“1”）值或低（“0”）值。列“D0”包括输出信号的第零抽样数据值，列“D1”包括输出信号的第一抽样数据值，列“D2”包括输出信号的第二抽样数据值，列“D3”包括输出信号的第三抽样数据值，列“D4”包括输出信号的第四抽样数据值，列“D5”包括输出信号的第五抽样数据值，列“E4”包括第四数据值与第五数据值之间的边界值。如可以观察到的那样，在每个模式中，在列“D4”与“D5”的数据值之间出现了转变。

应当指出的是，可以由抽样器 104 抽样出各行 1702 中的值的模式并将其发送给自适应控制器 102。自适应控制器 102 可以将所抽样出的值与一个或更多个预定滤波器模式进行比较。在特定实施例中，当检测到匹配时，如这里描述的那样，自适应控制器 102 可以采取相关联的一组一个或更多个自适应均衡器动作。

还应当指出的是，在特定实施例中，自适应控制器 102 可以接收比所例示的值的数量更多的值，例如包括列“D0”到“D4”中的数据值之间的边界值。作为另一种选择，如以上所讨论的那样，自适应控制器 102 可以只接收抽样数据值和其他相位信息，并且可以从这些数据值和其他相位信息推导出特定边界值（例如包括列 E4 中的边界值）（因而可以不通过抽样器 104 来抽样出）。

列 1720 包括各行 1702 在列“E4”处的二中择一的边界值。对于特定模式，列 1724 包括与输入信号的未改变分量相关联的特定补偿程度和

自适应均衡器动作。可以按任何合适的方式（例如包括通过对特定值进行分析）对自适应均衡器动作进行控制。对于特定模式，列 1730 包括与输入信号的一阶导数分量相关联的特定补偿程度和自适应均衡器动作。也可以按任何合适的方式（例如包括通过对特定值进行分析）对这些自适应均衡器动作进行控制。对于特定模式，列 1740 包括与输入信号的二阶导数分量相关联的特定补偿程度和自适应均衡器动作。也可以按任何合适的方式（例如包括通过对特定值进行分析）对这些自适应均衡器动作进行控制。

图 15 是例示了在偶 8B10B CJPAT 数据序列和奇 8B10B CJPAT 数据序列中六位数据模式的示例分布 1800 的表。列 1810 包括多个六位数据模式，列 1820 包括在偶 8B10B CJPAT 数据序列中观察到特定模式的概率，列 1830 包括在奇 8B10B CJPAT 数据序列中观察到特定模式的概率。这里，偶数据序列是指以偶数据开始、接着是奇数据、偶数据、奇数据等等的数据序列。奇数据序列是指以奇数据开始、接着是偶数据、奇数据、偶数据等等的数据序列。对于列 1810 中的每个数据模式，较早的位在较晚的位的左边。列 1820 或列 1830 中的空白单元表示在相关联的数据序列中观察到相关联的数据模式的概率是零。应当指出的是，分布 1800 是“类 CJPAT 型”数据序列中的数据模式的分布。除了巷对巷（lane-to-lane）差异（如启动、导言、CRC 以及 IPG 序列）以外，类 CJPAT 型数据序列与 IEEE 802.3ae 标准的 8B10B CJPAT 数据序列相同。类 CJPAT 型数据序列的总体特性相对来说类似于实际 8B10B CJPAT 数据序列。

如在分布 1800 中例示的那样，在偶 8B10B CJPAT 测试序列和奇 8B10B CJPAT 测试序列中均观察到模式 001110 和 110001。此外，这 2 个模式还大致相等地分布在两个序列中。在偶序列中观察到模式 001110 的概率是 7.340%，在奇模式中是 7.394%。在偶序列中观察到模式 110001 的概率是 7.394%，在奇模式中是 7.394%。此外，这两个模式在最后两个位之间存在转变。因此，在特定实施例中，可以利用方法 1400 选择这些数据序列作为滤波器模式，并且可以仅当观察到这些滤波器模式时施加自适应控制动作。利用这些滤波器模式，可以减小占空比失真的负面影

响。此外，针对 8B10B CJPAT 数据序列的控制行为可以与针对充分随机化数据序列的控制行为相一致。

应当指出的是，在特定实施例中，接收 8B10B 空闲数据序列、8B10B CJPAT 数据序列以及随机序列的均衡器可以同时使用针对 8B10B 空闲数据序列和针对 8B10B CJPAT 数据序列所选择的滤波器模式。如可以在 8B10B CJPAT 数据序列分布 1800 中观察到的那样，在偶序列和奇序列中不成比例地出现 8B10B 空闲滤波器模式：000010、111101、000101 以及 111010。然而，由于在接收 8B10B CJPAT 数据序列的过程中只是相对低概率地观察到这些不平衡滤波器模式，因此在接收 8B10B CJPAT 数据序列的过程中使用它们通常不会使自适应控制产生坏结果。如可以在 8B10B 空闲数据序列分布 1600 中观察到的那样，在接收 8B10B 空闲数据序列的期间对 8B10B CJPAT 滤波器模式 001110 和 110001 的使用不会使自适应控制产生坏结果，因为在 8B10B 空闲数据序列中从未观察到这些滤波器模式。

还应当指出的是，（例如，在二阶导数均衡器中）可以利用多个独立控制参数来调节施加给输入信号的一阶和二阶导数分量的增益。在这种情况下，当接收 8B10B CJPAT 数据序列时，对于这些独立控制参数来说，所观察到的并且相等地分布的滤波器模式中的特定滤波器模式可能更适合。

对于 8B10B CJPAT 数据序列，用于对一阶导数分量施加增益的良好适合的滤波器模式可以包括 110001 和 001110。在特定实施例中，因此可以仅当在均衡器处观察到对应于这些滤波器模式的数据值时才对一阶导数分量施加自适应控制动作。按该方式，可以有效地使信号的一阶导数分量均衡。在如上所述的还使用 8B10B 空闲滤波器模式的实施例中，用于对一阶导数分量施加增益的良好适合的滤波器模式还可以包括 000010 和 111101。

为了（在 8B10B CJPAT 数据序列的环境下）对二阶导数分量施加增益，良好适合的滤波器模式可以包括 000101 和 111010。应当指出的是，这些滤波器模式与被均衡器用来对 8B10B 空闲数据序列中的二阶导数分

量施加增益的那些滤波器模式相同。还应当指出的是，在 8B10B CJPAT 数据序列中的偶数据序列和奇数据序列中不成比例地出现这两个滤波器模式。然而，由于只是相对低概率地观察到这些不平衡滤波器模式，因此在接收 8B10B CJPAT 数据序列期间使用它们不会使自适应控制产生坏结果。

图 16 是例示了与使用从图 15 推导出的示例滤波器模式来调节施加给输入信号的未改变分量、一阶导数分量以及二阶导数分量的增益相关联的示例增益控制方案的表 1900。输入信号例如可以是 8B10B CJPAT 数据信号、另一（准）周期性信号（其中图 15 的滤波器模式大致相等地分布）、或良好随机化的信号。每个行 1902 都对应于特定值模式，针对该特定值模式执行特定自适应均衡器控制动作。这些行 1902 中的每个数据模式都对应于以上结合图 15 描述的选出的滤波器模式中的一个。

列 1910 包括关于抽样数据和边界值的模式，其中值可以是高（“1”）值或低（“0”）值。列“D0”包括输出信号的第零抽样数据值，列“D1”包括输出信号的第一抽样数据值，列“D2”包括输出信号的第二抽样数据值，列“D3”包括输出信号的第三抽样数据值，列“D4”包括输出信号的第四抽样数据值，列“D5”包括输出信号的第五抽样数据值，列“E4”包括第四数据值与第五数据值之间的边界值。如可以观察到的那样，在每个模式中，在列“D4”与“D5”的数据值之间出现了转变。

应当指出的是，可以通过抽样器 104 对各行 1902 中的值的模式进行抽样并将其发送给自适应控制器 102。自适应控制器 102 可以将所抽样出的值与一个或更多个预定滤波器模式进行比较。在特定实施例中，当检测到匹配时，如这里描述的那样，自适应控制器 102 可以采取相关联的一组一个或更多个自适应均衡器动作。

还应当指出的是，在特定实施例中，自适应控制器 102 可以接收比所例示的值的数量更多的值，例如包括列“D0”到“D4”中的数据值之间的边界值。作为另一种选择，如以上所讨论的那样，自适应控制器 102 可以只接收抽样数据值和其他相位信息，并且可以从这些数据值和其他相位信息推导出特定边界值（例如包括列 E4 中的边界值）（因而可以不

通过抽样器 104 来抽样出）。

列 1920 包括每个行 1902 在列“E4”处的二中择一的边界值。对于特定模式，列 1924 包括与输入信号的未改变分量相关联的特定补偿程度和自适应均衡器动作。可以按任何合适的方式（例如包括通过对特定值进行分析）对自适应均衡器动作进行控制。对于特定模式，列 1930 包括与输入信号的一阶导数分量相关联的特定补偿程度和自适应均衡器动作。也可以按任何合适的方式（例如包括通过对特定值进行分析）对这些自适应均衡器动作进行控制。对于特定模式，列 1940 包括与输入信号的二阶导数分量相关联的特定补偿程度和自适应均衡器动作。也可以按任何合适的方式（例如包括通过对特定值进行分析）对这些自适应均衡器动作进行控制。

在不脱离本发明的范围的情况下可以对所描述的系统和方法进行修改、添加或省略。可以根据具体需要对所述系统和方法的组成部分进行集成或分离。此外，可以由更多、更少或其他组成部分来执行所描述的系统和方法的操作。

在特定实施例中可以利用滤波器模式来减小占空比失真和特定（准）周期性信号的负面影响。如以上讨论的那样，可以基于一个或更多个（准）周期性信号的偶序列和奇序列组中的模式的良好平衡的表现来选择滤波器模式。在特定实施例中，可以针对特定预定义信号（如 8B10B 空闲信号或 8B10B CJPAT 信号）具体地选择滤波器模式。接着可以利用这些滤波器模式来使自适应控制仅当检测到这些滤波器模式时才执行动作。在均衡器接收已具体地选择了其滤波器模式的特定预定义的、周期性信号的过程中，对滤波器模式的使用会减小占空比失真的负面影响。然而，在均衡器接收未具体地选择其滤波器模式的其他周期性信号的过程中，对滤波器模式的使用会使自适应均衡器控制的导致不可接受的结果，因为对于这些其他周期性信号来说这些滤波器模式可能不是良好平衡的。

对选定的滤波器模式的可应用性有限这一问题的一个解决方案是在不能确定滤波器模式与到来的信号相容时将自适应均衡器控制冻结（停止或者不使用）。例如，对于被识别为不是良好随机化的或者不是用于选

择（多个）滤波器模式的（准）周期性数据序列的到来的数据序列，可以将自适应均衡器控制冻结。对于不能被识别为相容或不相容的到来的数据序列，可以附加地或另选地将自适应均衡器冻结。例如，如果不能确定在看起来良好随机化的序列中是否包括不相容（准）周期性序列，则针对该看起来良好随机化的序列可以将自适应均衡器冻结。

将自适应均衡器控制暂时冻结是可以接受的，因为信道特性不太可能在短期内发生变化。然而，将均衡器控制冻结相对长的时段可能是不利的，因为影响符号间干扰的信道特性会发生变化。例如，可能会发生影响符号间干扰的诸如温度漂移或电缆移动的环境变化。如果信道特性发生变化因而影响了符号间干扰，那么可能需要均衡器的自适应控制来补偿变化后的信号衰减。因此，在特定情况下将自适应控制冻结长时段同时等待与选定的滤波器模式相容的数据序列可能是不利的。

第二种解决方案是选择这样的有用滤波器模式组（或列表）：当由均衡器控制按平衡方式施加该有用滤波器模式组（或列表）时，其与任何（准）周期性数据信号相容。在特定实施例中，这些滤波器模式不必依赖于它们在特定（准）周期性信号中的分布。因此，该列表中的一个或更多个滤波器模式可能不相等地出现在特定（准）周期性数据信号的偶序列和奇序列中；然而，对各种可能不相等地分布的滤波器模式的平衡应用会抵消掉不相等地分布的滤波器模式的偏离。平衡应用会导致大致相等地观察到偶模式和奇模式并大致相等地起作用，抵消它们的自适应偏离并减小占空比失真和任何类型的到来的（准）周期性信号的负面影响。

除了抵消由于占空比失真而导致的自适应偏离以外，通过抵消在（准）周期性数据信号中可能出现的各种自适应偏离，对滤波器模式的平衡应用可以提供针对任何（准）周期性数据或良好随机化数据的自适应控制的一致的结果。换句话说，如果对滤波器模式的应用是不平衡的，自适应控制结果会强烈地向在各种（准）周期性数据序列或良好随机化数据序列中可能会变化的支配性滤波器模式偏离，因此，自适应控制结果会取决于到来的数据序列。例如，如果到来的数据是低频倾向的，则

自适应控制会向低频模式偏离，因而自适应控制结果可能是高频倾向的。如果到来的数据是高频倾向的，则自适应控制会向高频模式偏离，因而自适应控制结果可能是低频倾向的。如果对滤波器模式的应用是平衡的，则自适应控制按大致相等的概率针对各滤波器模式采取动作，因此，对于任何（准）周期性数据或良好随机化数据来说自适应控制结果都会变得一致。

在特定实施例中，在均衡器自适应控制的操作期间，可以在初始时生成有用的滤波器模式列表，然后该有用滤波器模式列表保持不变（即，“固定”）。如果该列表包括多个六位滤波器模式，则该列表可以包括六位模式的所有可能的变型。作为另一种选择，该列表可以包括带有在某些连续两个数据位（如最后两个数据位）之间的数据转变的六位模式的所有可能的变型。在再一另选实施例中，该列表可以只包括六位模式的所有可能的变型的子集，并且该列表的生成者可以确定该特定子集是有用的。在任何情况下，自适应控制可以按任何合适的方式在整个有用滤波器模式固定列表中循环。例如，自适应控制可以如以下结合图 20 到 22 讨论的那样在整个固定列表中循环。

尽管在特定实施例中可以使用固定列表，但是在另选实施例中，使用可适应于到来的序列的动态列表可能是有利的。在特定实施例中，使用可适应于到来的序列的动态列表可以提高自适用控制动作的频率，更快速地解决变化的信道特性。该自适应控制可以按任何合适的方式在整个动态列表中循环。例如，该自适应控制可以如以下结合图 20 到 22 讨论的那样在整个固定列表中循环。应当指出的是，在特定实施例中，在使用固定或动态列表的同时可以恒定地使能该均衡器自适应控制。还应当指出的是，如果存在一个以上独立控制参数，则在特定实施例中可以针对各独立控制参数使用单独的（固定或动态的）有用滤波器模式列表。

另一方面，考虑到各种（准）周期性数据或良好随机化数据中的自适应控制结果的一致性，固定列表可能比动态列表更有利，这是因为动态列表可能会由于动态改变滤波器模式列表而损害自适应控制结果的某种一致性，而固定列表由于坚持固定滤波器模式列表而不会损害自适应

控制结果的任何一致性。

图 17 是例示了根据本发明特定实施例的用于动态地生成有用滤波器模式列表的示例方法 2000 的流程图。可以执行方法 2000，以例如对有用滤波器模式列表进行更新以使其包括在到来的序列中观察到的有用模式，并去除不再有用的模式。方法 2000 在步骤 2010 处开始，在步骤 2010 处使用新的有用滤波器模式列表。在特定实施例中，如以下结合图 20 和 21 讨论的那样，可以按平衡方式使用新的有用滤波器模式列表。此外，如以下结合图 22 讨论的那样，可以跳过未检测到的滤波器模式。

在步骤 2020 处，对（多个）到来的序列中的数据模式进行监测，从而可以检测到有用数据模式和无用数据模式。在特定实施例中，只对（与所施加的滤波器模式的大小相对应的）某个位大小的数据模式进行监测。有用数据模式可以包括例如在（多个）到来的序列中频繁地观察到的数据模式和在该模式中包括位于连续数据值之间的至少一个转变的数据模式。在特定实施例中，也可以是仅当数据模式中的诸如最后两个数据值的某两个数据值之间出现了转变时该模式才是有用的。例如如果数据模式提高了被控制参数对边界值的灵敏度则该数据模式也可以是有用的。例如，对于控制模拟二阶导数均衡器的一阶导数分量的增益来说，在边界之前 1.5 个位的数据值与在该边界之前 2.5 个位的数据值相同的数据模式可能是有用的，而对于控制模拟二阶导数均衡器的二阶导数分量的增益来说，在边界之前 1.5 个位的数据值与在该边界之前 2.5 个位的数据值不同的数据模式可能是有用的。无用的模式可能包括未观察到或很少观察到的模式、不包括位于模式中的连续数据值之间的至少一个转变的模式、或降低了被控制参数对边界值的灵敏度的模式。例如，对于控制模拟二阶导数均衡器的一阶导数分量的增益来说，在边界之前 1.5 个位的数据值与在该边界之前 2.5 个位的数据值不同的数据模式可能是无用的，而对于控制模拟二阶导数均衡器的二阶导数分量的增益来说，在边界之前 1.5 个位的数据值与在该边界之前 2.5 个位的数据值相同的数据模式可能是无用的。由于这些模式不会提高自适应控制动作的频率（这是使用动态列表的目的）、或者对自适应控制没有有效贡献，所以这些模式可能是

无用的。在被检测到之后，可以将有用模式汇集在列表中，或者存储有用模式。在特定实施例中，也可以将无用模式汇集在列表中，或者存储无用模式。

在步骤 2030 中，对是否已监测了足够的（多个）到来的序列进行确定。如果尚未监测足够的（多个）到来的序列，则本方法返回到步骤 2020。如果已监测了足够的（多个）到来的序列，则本方法进行到步骤 2040。例如，在已检测到一定数量或类型的有用数据模式之后或在已经经过一定时间量之后，可能已监测了足够的（多个）到来的序列。

在步骤 2040 处，例如，利用已汇集的在（多个）到来的数据序列中检测到的有用模式列表，对有用滤波器模式列表进行更新。在特定实施例中，可以将在（多个）到来的数据序列中检测到一个或更多个（或所有）有用模式加入到有用滤波器模式列表中或替换该有用滤波器模式列表。作为另一种选择，该有用滤波器模式列表可能已包括所检测到的模式，因此不必修改该有用滤波器模式列表来包括所检测到的模式。在任一情况下，可以从有用滤波器模式列表中删除无用滤波器模式。在特定实施例中，也可以删除所检测到的无用模式的已汇集列表。在更新了有用滤波器模式列表之后，本方法返回到步骤 2010，在步骤 2010 处使用新的有用滤波器模式列表。

图 18 是例示了根据本发明特定实施例的用于动态地生成有用滤波器模式列表的另一示例方法 2100 的流程图。与方法 2000 类似，可以执行方法 2100 以对有用滤波器模式列表进行更新以使其包括在到来的序列中观察到的有用模式，并去除不再有用的模式。方法 2100 还可以为偶数据序列和奇数据序列创建独立的动态列表。方法 2100 还可以可选地对这些列表进行编辑，使得偶序列和奇序列都不对自适应控制起支配作用。这样做会减小占空比失真的负面影响。

方法 2100 在步骤 2110 处开始，在步骤 2110 处使用新的有用滤波器模式列表。在特定实施例中，如以下结合图 20 和 21 讨论的那样，可以按平衡方式使用新的有用滤波器模式列表。如以下结合图 22 讨论的那样，也可以结合超时检测来使用新的滤波器模式列表，以在一定时段之后跳

过未检测到的滤波器模式。

在步骤2120处，对偶数据序列和奇数据序列（其分别要么以偶位开始、接着是奇位、偶位、奇位等等，要么以奇位开始、接着是偶位、奇位、偶位等等）中的数据模式进行监测，并检测出各数据序列中的有用和无用数据模式。有用数据模式可以包括例如在到来的数据序列中频繁地观察到的数据模式和在该模式中包括位于连续数据值之间的至少一个转变的数据模式。在特定实施例中，也可以是仅当数据模式中的某两个数据值之间出现了转变时该模式才是有用的。例如如果数据模式提高了被控制参数对边界值的灵敏度则该数据模式也可以是有用的。例如，对于控制模拟二阶导数均衡器的一阶导数分量的增益来说，在边界之前1.5个位的数据值与在该边界之前 2.5 个位的数据值相同的数据模式可能是有用的，而对于控制模拟二阶导数均衡器的二阶导数分量的增益来说，在边界之前1.5个位的数据值与在该边界之前2.5个位的数据值不同的数据模式可能是有用的。无用的模式可能包括未观察到或很少观察到的模式、不包括位于模式中的连续数据值之间的至少一个转变的模式、或降低了被控制参数对边界值的灵敏度的模式。例如，对于控制模拟二阶导数均衡器的一阶导数分量的增益来说，在边界之前1.5个位的数据值与在该边界之前2.5个位的数据值不同的数据模式可能是无用的，而对于控制模拟二阶导数均衡器的二阶导数分量的增益来说，在边界之前1.5个位的数据值与在该边界之前2.5个位的数据值相同的数据模式可能是无用的。可以将所检测到的有用模式分别汇集在针对偶数据序列和奇数据序列的分立列表中或者存储该有用模式。在特定实施例中，也可以将无用模式分别汇集在针对偶数据序列和奇数据序列的分立的列表中或者分立地存储该无用模式。

在步骤2130处，对是否已监测了足够的到来的偶序列和奇序列进行确定。如果尚未监测足够的序列，则本方法返回到步骤2120。如果已监测了足够的序列，则本方法进行到步骤2140。例如，在已检测到一定数量或类型的有用数据模式之后或在已经经过一定时间量之后，可能已监测了足够的到来的序列。

在步骤2140处，将已检测到的那些有用模式中的、只出现在偶序列和奇序列中的一个中的模式忽略掉。在特定实施例中，可以将在偶数据序列中检测到的有用模式与在奇数据序列中检测到的有用模式进行比较，并将只在偶序列和奇序列中的一个中观察到的那些模式从作为新滤波器模式列表中的滤波器模式的考虑范围中去除掉。例如，可以通过从所汇集的已检测到的有用模式的偶列表或奇列表中去除它们而不考虑这些模式。在特定实施例中，可以将这些模式放在汇集的已检测到的无用模式的偶列表或奇列表中。

在步骤2150处，对有用滤波器模式列表进行更新。在特定实施例中，在已从所汇集的检测模式列表中去除了只出现在偶序列和奇序列中的一个中的那些模式之后，可以将所汇集的检测模式列表中的一个或更多个（或所有）有用模式加入到有用滤波器模式列表或替换该有用滤波器模式列表。作为另一种选择，该列表可能已包括所检测到的模式，因此不必修改该列表以包括所检测到的模式。在任一情况下，可以从有用滤波器模式列表中删除无用滤波器模式。在特定实施例中，也可以删除所汇集的无用检测模式的偶列表或奇列表。在更新了有用滤波器模式列表之后，本方法返回到步骤2110，在步骤2110处使用新的有用滤波器模式列表。

图 19 是例示了根据本发明特定实施例的用于动态地生成有用滤波器模式列表的再一示例方法2200的流程图。与方法2000和2100类似，方法2200可以对有用滤波器模式列表进行更新以使其包括了在到来的序列中观察到的有用模式，并去除不再有用的模式。与方法2100类似，方法2200还可以为以偶位和奇位开始的数据序列创建单独的动态列表(即，偶列表和奇列表)，对这些列表进行编辑，使得偶序列和奇序列都不对自适应控制起支配作用。方法2200可以通过以下处理来这样做：对偶列表中的模式数量和奇列表中的模式数量进行计数，将这两个数量进行比较，并从具有较多模式的列表中去除模式，直到偶列表中的模式数量等于奇列表中的模式数量。按该方式，可以减小占空比失真的影响。而且，方法2200对到来的数据序列的依赖性会相对较小。

方法 2200 在步骤 2210 处开始，在步骤 2210 处使用新的有用滤波器模式列表。在特定实施例中，如以下结合图 20 和 21 讨论的那样，可以按平衡方式使用该新的有用滤波器模式列表。如以下结合图 22 讨论的那样，也可以结合超时检测来使用新的滤波器模式列表，以在一定时段之后跳过未检测到的滤波器模式。

在步骤 2220 处，对偶数据序列（其以偶位开始、接着是奇位、偶位、奇位等等）中的数据模式和奇数据序列（其以奇位开始、接着是偶位、奇位、偶位等等）中的数据模式进行监测，并检测出各数据序列中的有用和无用模式。有用数据模式可以包括例如在到来的数据序列中频繁地观察到的数据模式和在该模式中包括位于连续数据值之间的至少一个转变的数据模式。在特定实施例中，也可以是仅当数据模式中的两个特定数据值之间（如最后两个数据值之间）出现了转变时该模式才是有用的。例如如果数据模式提高了被控制参数对边界值的灵敏度则该数据模式也可以是有用的。例如，对于控制模拟二阶导数均衡器的一阶导数分量的增益来说，在边界之前 1.5 个位的数据值与在该边界之前 2.5 个位的数据值相同的数据模式可能是有用的，而对于控制模拟二阶导数均衡器的二阶导数分量的增益来说，在边界之前 1.5 个位的数据值与在边界之前 2.5 个位的数据值不同的数据模式可能是有用的。无用的模式可能包括未观察到或很少观察到的模式、不包括位于模式中的连续数据值之间的至少一个转变的模式、或降低了被控制参数对边界值的灵敏度的模式。例如，对于控制模拟二阶导数均衡器的一阶导数分量的增益来说，在边界之前 1.5 个位的数据值与在该边界之前 2.5 个位的数据值不同的数据模式可能是无用的，而对于控制模拟二阶导数均衡器的二阶导数分量的增益来说，在边界之前 1.5 个位的数据值与在该边界之前 2.5 个位的数据值相同的数据模式可能是无用的。可以将所检测到的有用模式分别汇集在针对偶数据序列和奇数据序列的分立列表（“偶”列表和“奇”列表）中或者否则存储该有用模式。在特定实施例中，也可以将无用模式分别汇集在针对偶数据序列和奇数据序列的分立列表中或者存储该无用模式。

在步骤 2230 处，对是否已监测了足够的到来的偶序列和奇序列进行

确定。如果尚未监测足够的序列，则本方法返回到步骤 2220。如果已监测了足够的序列，则本方法进行到步骤 2240。例如，在已检测到了一定数量或类型的有用数据模式之后或在已经经过一定时间量之后，已监测了足够的到来的序列。

在步骤 2240 处，将偶列表与奇列表中的已检测模式进行比较，对只出现在偶列表中的模式的数量和只出现在奇列表中的模式的数量进行计数。在步骤 2250 处，对只出现在偶列表中的模式的数量与只出现在奇列表中的模式的数量是否相同进行确定。如果这些数量不同，则本方法进行到步骤 2260。如果这些数量相同，则本方法进行到步骤 2270。

在步骤 2260 处，如果只出现在偶列表中的模式的数量与只出现在奇列表中的模式的数量不同，则从具有较多模式的列表中去除一个模式。在特定实施例中，可以从具有较多模式的列表中按任何合适的方式去除任何合适的模式。例如，在特定实施例中，可以去除最频繁地出现在偶数据序列或奇数据序列中的模式。在从具有较多模式的列表中去除了该模式之后，本方法返回到步骤 2240，并对只出现在偶列表中的模式的数量和只出现在奇列表中的模式的数量进行计数和比较。

在步骤 2270 处，如果只出现在偶列表中的模式的数量与只出现在奇列表中的模式的数量相同，则使用例如所编辑的检测模式列表对有用滤波器模式列表进行更新。在特定实施例中，可以将所编辑的检测模式列表中的一个或更多个（或所有）有用模式加入到有用滤波器模式列表中或替换有用滤波器模式列表。作为另一种选择，该有用滤波器模式列表可能已包括所检测到的模式，因此不必修改该列表以包括所检测到的模式。在任一情况下，可以从有用滤波器模式列表中删除无用滤波器模式。在特定实施例中，也可以删除所汇集的无用检测模式的偶列表或奇列表。在更新了有用滤波器模式列表之后，本方法返回到步骤 2210，在该步骤处使用新的有用滤波器模式列表。

在不脱离本发明的范围的情况下可以对所述系统和方法进行修改、添加或省略。可以根据具体需要对所述方法的组成部分进行集成或分离。此外，可以由更多、更少或其他组成部分来执行所述方法的操作。

如以上讨论的那样，有用滤波器模式列表可以是固定或动态的。均衡器控制可以按平衡方式使用任一类型的列表中的滤波器模式以减小占空比失真的负面影响。按平衡方式使用滤波器模式通常是指相等地使用滤波器模式列表中的各滤波器模式或对该列表中的各滤波器模式赋予相等的权重或选择概率。

图 20 是例示了根据本发明特定实施例的用于按平衡方式使用滤波器模式的示例方法 2300 的流程图。方法 2300 在步骤 2310 处开始，在该步骤处从有用滤波器模式列表中选择一滤波器模式。该有用滤波器模式列表可以是固定或动态的。可以按任何合适的方式从有用滤波器模式列表中选择滤波器模式。在特定实施例中，可以从列表中顺序地选择滤波器模式。在另选实施例中，可以从列表中按相等概率随机地选择滤波器模式。应当指出的是，滤波器模式可以例如包括六位模式，并且可以在诸如最后两个位的特定两个位之间存在转变。

在步骤 2320 处，可以针对所选择的滤波器模式对到来的信号的（多个）数据序列进行监测。在步骤 2330 处，如果未检测到所选择的滤波器模式，则可以继续对到来的信号的（多个）数据序列进行监测。如果检测到了所选择的滤波器模式，则本方法进行到步骤 2340。

在步骤 2340 处，采取合适的控制动作以控制均衡器参数。在特定实施例中，如以上讨论的那样，可以对所检测到的模式的数据和边界值信息进行分析并采取合适的控制动作。以上结合图 5、7 以及 9 讨论了用于对输出信号值进行解释的示例方法。对输出信号值进行了分析之后，均衡器可以对信号施加合适的控制动作。在本发明另一实施例中，在步骤 2340 处采取的自适应控制动作可以是采用各种常规自适应控制算法的任何合适的自适应控制动作。例如，步骤 2340 处的自适应控制动作可以基于诸如最小均方（LMS）算法、符号－符号最小均方（SS-LMS）算法、迫零（ZF）算法等等的常规自适应控制算法。这些常规自适应控制算法通常要求到来的数据是良好随机化的，并且在到来的数据是（准）周期性数据的情况下可能产生不可接受的结果。在特定实施例中，对利用滤波器模式的自适应控制动作的平衡应用使得这些常规自适应控制算法可

以在各种（准）周期性数据序列和良好随机化数据序列中提供一致的自适应结果。由于这些常规自适应控制算法不一定需要数据转变来采取自适应控制动作，因此在特定实施例中滤波器模式不必包括数据转变。在施加了控制动作之后，本方法返回到步骤 2310，在该步骤处选择新滤波器模式。按该方式，按平衡方式使用滤波器模式，减小了占空比失真的负面影响并在各种（准）周期性数据序列和良好随机化数据序列中提供了一致的自适应结果。

图 21 是例示了根据本发明特定实施例的用于按平衡方式使用滤波器模式的另一示例方法 2400 的流程图。在方法 2400 中，同时针对列表中的滤波器模式进行监测，将已被检测并且对其已采取了自适应动作的那些滤波器模式进行标记或者识别，然后不再对这些滤波器模式进行监测，并且在已检测了所有滤波器模式时清除这些标记。按该方式，按平衡方式使用滤波器模式，减小了占空比失真的负面影响。

方法 2400 在步骤 2410 处开始。在步骤 2410 处，清除全部标记，使得没有一个模式被标记。与模式相关联的标记的不存在表示可以针对该模式对（多个）到来的数据序列进行监测（因为尚未检测到该模式）。标记表示可以不再针对该标记的对应模式而对（多个）到来的数据序列进行监测（因为已检测到该模式）。应当指出的是，尽管在本实施例中使用了标记，但是在另选实施例中，可以实现用于表示何时已检测到某个模式的任何合适的技术。还应当指出的是，有用滤波器模式列表可以是固定或动态的。

在步骤 2420 处，针对尚未标记的那些滤波器模式对（多个）到来的数据序列进行监测。因此，紧接在清除了所有标记之后，针对有用滤波器模式列表中的所有滤波器模式对（多个）到来的数据序列进行监测。在特定实施例中，可以同时对所有未标记滤波器模式进行监测。随着滤波器模式被检测、起作用以及被标记，针对更少的滤波器模式（未标记滤波器模式）对（多个）到来的数据序列进行监测。

在步骤 2430 处，对在（多个）到来的数据序列中是否已检测出任何被监测滤波器模式进行确定。如果没有检测出一个滤波器模式，则可以

继续针对这些滤波器模式对（多个）到来的数据序列进行监测，并且各滤波器模式的对应标记都保持未选中。如果检测出一个滤波器模式，则本方法进行到步骤2440。

在步骤2440处，采取合适的控制动作以控制均衡器参数。在特定实施例中，可以对所检测到的模式的数据和边界值信息进行分析并采取控制动作。以上结合图5、7以及9讨论了用于对输出信号值进行解释的示例方法。对输出信号值进行了分析之后，均衡器可以对信号施加合适的控制动作。在另选实施例中，在步骤2440处采取的自适应控制动作可以是采用各种常规自适应控制算法的任何合适的自适应控制动作。例如，步骤2440处的自适应控制动作可以基于诸如最小均方（LMS）算法、符号－符号最小均方（SS-LMS）算法或迫零（ZF）算法等等。这些常规自适应控制算法通常要求到来的数据是良好随机化的，并且在到来的数据是（准）周期性数据的情况下可能不会产生好的结果。对利用滤波器模式的自适应控制动作的平衡应用使得这些常规自适应控制算法可以在各种（准）周期性数据序列和良好随机化数据序列中提供一致的自适应结果。在检测到滤波器模式之后（并且可选地在采取了控制动作之后），标记所检测到的滤波器模式。

在步骤2450处，对是否已标记了有用滤波器模式列表中的所有滤波器模式进行确定。若否，则本方法返回到步骤2420，并针对尚未标记的那些滤波器模式对（多个）到来的数据序列进行监测。如果已标记了有用滤波器模式列表中的所有滤波器模式，则本方法进行到步骤2410，在该步骤处清除所有标记。按该方式，按平衡方式使用滤波器模式，减小了占空比失真的负面影响并在各种（准）周期性数据序列和良好随机化数据序列中提供了一致的自适应结果。

在不脱离本发明的范围的情况下可以对所述系统和方法进行修改、添加或省略。可以根据具体需要对所述系统和方法的组成部分进行集成或分离。此外，可以由更多、更少或其他组成部分来执行所述系统和方法的操作。

如以上讨论的那样，可以按按平衡方式使用滤波器模式以减小占空

比失真的负面影响并在各种（准）周期性数据序列和良好随机化数据序列之间提供一致的自适应结果，并结合图 20 和 21 讨论了用于按平衡方式使用滤波器模式的示例方法。然而，当在方法 2300 的步骤 2330 或方法 2400 的步骤 2430 中进行与是否已检测到滤波器模式有关的确定时，在例如未检测到期望的滤波器模式的情况下这些方法会停顿（stall）。换句话说，如果未检测到特定滤波器模式，则不会采取其他自适应动作。按该方式使自适应控制例如短期地冻结可能并不是不利的，因为信道特性不太可能发生变化。然而，即使在短期的情况下并且尤其是在长期的情况下，在某个时段之后强迫本方法跳过未检测到的滤波器模式可以使得均衡器更快速地适应于变化的条件。通过使得可以进行更频繁的自适应控制动作，跳过未检测到的滤波器模式可以防止自适应控制在信道特性发生变化时停顿。

图 22 是例示了根据本发明特定实施例的用于在某个时间段之后跳过未检测到的滤波器模式的示例方法 2500 的流程图。在方法 2500 中，在未在（多个）到来的数据序列中检测到滤波器模式的某个时段之后可以检测到超时。在检测到该超时之后，可以跳过该滤波器模式（例如，在方法 2300 的步骤 2330 中）或标记它（例如，在以上方法 2400 的步骤 2430 中）。

应当指出的是，可以结合固定或动态有用滤波器模式列表来使用超时检测。然而，在使用动态列表时比使用固定列表时会出现更少的超时检测，这是因为动态列表中的滤波器模式被基于它们在到来的序列中的频率而更新。换句话说，如果将在到来的序列中频繁地观察到的模式包括在有用滤波器模式列表中并去除未频繁地观察到的模式，则检测到超时的机会将变少。仍然可以结合动态列表使用方法 2500，以在改变了到来的序列之后补偿对动态列表的更新过程的任何延迟。

方法 2500 在步骤 2510 处开始，在该步骤处，将定时器复位。结合方法 2300，可以在步骤 2310 处选择了下一滤波器模式之后将定时器复位。结合方法 2400，可以例如在步骤 2410 处初始地将所有标记清除之后并且/或者在步骤 2430 处检测到滤波器模式之后将定时器复位。可以将定时器

设定为这样的时段，即，在该时段之后要跳过该滤波器模式（或者在方法 2400 中跳过多个滤波器模式）。由定时器设定的时段可以包括任何合适的时段。

在步骤 2520 处，对在（多个）到来的数据序列中是否已检测到滤波器模式进行确定。如果已检测到滤波器模式，则本方法返回到步骤 2510 并将定时器复位。如果尚未检测到滤波器模式，则本方法进行到步骤 2530。

在步骤 2530 处，对是否已发生超时进行确定。超时是指用完了由定时器设定的时间。如果尚未发生超时，则本方法返回到步骤 2520。如果已发生超时，则本方法进行到步骤 2540。

在发生超时之后，在步骤 2540 处跳过未检测到的（多个）滤波器模式。结合方法 2300，跳过该滤波器模式并在步骤 2310 处选择下一滤波器模式。结合方法 2400，跳过所有剩余未标记滤波器模式（例如，可以将它们全部标记）并在步骤 2410 处清除所有标记，使得可以重新启动本处理。在特定实施例中，可以从有用滤波器模式列表中去除任何已跳过的（多个）模式（以防止所跳过的（多个）模式再次使自适应均衡器停顿）。方法 2500 接着返回到步骤 2510，在该步骤处将定时器复位。按该方式，可以跳过未检测到的滤波器模式，并且可以更频繁地采取自适应控制动作，防止自适应控制针对未检测到的滤波器模式而停顿。

另一方面，在特定实施例中，对于在各种（准）周期性数据或良好随机化数据中自适应控制结果的一致性来说，不执行对超时的检测可能更有利，因为对超时的检测可能会由于跳过未检测到的滤波器模式而损害自适应控制结果的某些一致性，而不执行该检测由于即使发生停顿也坚持所有滤波器模式而不会损害自适应控制结果的任何一致性。在特定实施例中，停顿可能不是问题，或者对于诸如连续 0101 数据序列的某些数据序列来说可能甚至是最受欢迎的方案，因为这种高度周期性的数据序列在频域中缺乏频谱因而可能不包括用于进行自适应控制的足够信息。如果自适应控制不针对诸如连续 0101 的高度周期性数据序列而停顿，那么控制参数可能会漂移到很差的值。因此，在特定实施例中，对于这

种高度周期性数据序列来说进行停顿可能是最受欢迎的方案。不执行对超时的检测可以允许针对这种高度周期性数据序列而进行停顿。

在不脱离本发明的范围的情况下可以对所述系统和方法进行修改、添加或省略。可以根据具体需要对所述系统和方法的组成部分进行集成或分离。此外，可以由更多、更少或其他组成部分来执行所述系统和方法的操作。

以上很大部分讨论关注于一种被称为残留符号间干扰的信号失真。在电通信中产生的另一类型的信号失真是信号中的残留直流偏移。如果不抵消（即，补偿）残留直流偏移，那么它会降低接收器处的输入灵敏度。因此，抵消接收器处的残留直流偏移是有益的。如果接收器具有诸如均衡器的模拟前端电路或在其判决电路之前具有限幅放大器，则抵消残留直流偏移可能尤其有益，因为这些分量会将偏移加入信号中。

再次参照图 1 到 3，除了符号间干扰以外，通过通信信道 30 发送的信号还会经受直流偏移失真，并且在接收器均衡器 42 处该直流偏移失真会进一步增强。接收器均衡器 42 可以对所接收到的输入信号施加直流偏移补偿（即，校正）以抵消信号所表现出的直流偏移。接收器逻辑 47 接着可以针对残留直流偏移对调节后的输出信号进行分析。具体来说，抽样器 104 可以接收均衡器输出信号 46（调节后的输出信号）和时钟信号。抽样器 104 接着可以在由时钟信号确定的特定点处对该输出信号进行抽样，以生成数据值和边界值。抽样器 104 可以将这些数据和边界值转发给偏移控制器 106 以（如下所述地）进行合适的分析。基于该分析，接收器逻辑 47 的偏移控制器 106 以及均衡器 42 可以对到来的输入信号中的直流偏移失真进行校正。

图 23A、23B 以及 23C 与表现了多种类型的残留直流偏移的均衡器输出信号 46 相对照地例示了时钟信号的多个示例。在特定实施例中，抽样器104可以接收诸如在这些图中例示的那些信号的均衡器输出信号46，并根据 2x 过抽样时钟和数据恢复（CDR）方案对均衡器输出信号 46 进行抽样。按这种方案，抽样器 104 可以每数据位时段（其可以由时钟信号来限定的）对均衡器输出信号 46 抽样两次。对于一个数据位时段，抽

样器 104 可以在均衡器输出信号 46 中的应当对应于数据值的点处对均衡器输出信号 46 抽样一次，并在均衡器输出信号 46 中的应当对应于边界值的点处对均衡器输出信号 46 抽样一次。抽样器 104 接着可以将这些数据值和边界值转发给偏移控制器 106。基于对特定数据值和边界值的分析，如以下进一步描述的那样，偏移控制器 106 可以对施加给由均衡器 42 接收到的信号的直流偏移补偿进行调节。应当指出的是，在特定实施例中，如上所述，可以将转发给偏移控制器 106 的同一数据值和边界值信息也转发给自适应控制器 102，并结合自适应增益控制来使用所述数据值和边界值信息。

图 23A 与没有表现出残留直流偏移的均衡器输出信号 46 相对照地例示了时钟信号示例 2600。示例 2600 类似于以上结合图 4A 描述的示例 200，因此不再对它进行详细描述。然而，应当指出的是，在没有表现出残留直流偏移的信号中（如在示例 2600 中），如以上讨论的那样，在包括转变的两个连续数据值之间的每个边界值（例如 E2、E3 以及 E4 处的边界值）随机地要么包括高值要么包括低值（被例示为“X”）。对于这种信号，由于直流偏移失真已被完全补偿或不存在，因此偏移控制器 106 可以将施加给输入信号的直流偏移补偿随机地向上或向下调节。如果向上调节与向下调节的次数基本上相等，则施加给输入信号的直流偏移补偿在平均上说保持相同的水平。如果向上调节与向下调节的次数不是大致相等，则施加给输入信号的直流偏移补偿会从初始水平轻微地漂移。直流偏移补偿水平的这种漂移会产生轻微的直流偏移失真。如以下例示的那样，均衡器接收器可以检测到该失真并将该直流偏移补偿校正回平均初始水平。

图 23B 与表现出正残留直流偏移的均衡器输出信号 46 相对照地例示了时钟信号示例 2650。相对于没有表现出残留直流偏移的信号，表现出正残留直流偏移的均衡器输出信号 46 向上漂移（如在该示例图中那样）。而且，在高脉冲（例如 D3 处的脉冲）之前的边界值（例如 E2）或之后的边界值（例如 E3）的值将可能与该脉冲处的数据值（例如 D3）相同。在低脉冲之前和之后的边界值的值将可能与该脉冲处的数据值不同（相

反)。因此，如以下进一步描述的那样，当对特定数据值和（多个）边界值进行分析时，偏移控制器 106 可以减少施加给输入信号的直流偏移补偿以抵消正残留直流偏移。应当指出的是，在特定实施例中并且如下所述，偏移控制器 106 在出现（例如 D2 与 D3 之间的）转变之前可能不能抵消输出信号所表现出的正残留直流偏移。

图 23C 与表现出负残留直流偏移的均衡器输出信号 46 相对照地例示了时钟信号示例 2700。相对于没有表现出残留直流偏移的信号，表现出负残留直流偏移的均衡器输出信号 46 向下漂移了（如在该示例图中那样)。而且，在高脉冲（例如 D3 处的脉冲）之前的边界值（例如 E2）或之后的边界值（例如 E3）的值将可能与该脉冲处的数据值不同（相反)。在低脉冲之前和之后的边界值的值将可能与该脉冲处的数据值相同。因此，如以下进一步描述的那样，当对特定数据值和（多个）边界值进行分析时，偏移控制器 106 可以增大施加给输入信号的直流偏移补偿以抵消负残留直流偏移。应当指出的是，在特定实施例中并且如下所述，偏移控制器 106 在出现（例如 D2 与 D3 之间的）转变之前可能不能抵消输出信号所表现出的负残留直流偏移。

图 24 是例示了根据本发明特定实施例的用于对输出信号值进行解释以对残留直流偏移进行抵消的方法 2800 的流程图。方法 2800 在步骤 2810 处开始，在该步骤处，使用时钟信号对输出信号 46 进行抽样。如以上结合图 3 描述的那样，该输出信号 46 可以是均衡器的输出，并且可以根据时钟信号对该输出信号进行抽样。

在特定实施例中，可以在由时钟信号确定的基准数据点和边界点处对输出信号进行抽样。作为另一种选择，可以不在边界点处对输出信号进行抽样，而可以推导出与这些非抽样点相对应的边界值。在特定实施例中，偏移控制器 106 可以根据抽样出的数据值和其他相位信息（即，输出信号的相位是早还是晚）推导出边界值。例如，如果输出信号的相位早，则偏移控制器 106 可以确定出边界值的高值或低值与紧接在该边界值之前的数据值的高值或低值相同。如果输出信号的相位晚，则偏移控制器 106 可以确定出边界值的高值或低值与紧接在该边界值之后的数

据值的高值或低值相同。

在步骤 2820 处，在对输出信号抽样之后，可以对所抽样出的数据值进行分析，以确定在这些值中是否出现了转变。在步骤 2830 处，如果未检测到转变，则本方法返回到步骤 2820。如果在连续的数据值之间检测到转变，则本方法进行到步骤 2840。应当指出的是，在特定实施例中，可以通过直接将所接收到的数据值进行相互比较来检测转变。在另选实施例中，可以通过将所接收到的数据值和边界值与包括转变（并对应于特定偏移抵消动作）的预定义值模式进行比较来检测转变。还应当指出的是，在特定实施例中，可以在只检测到一个转变之后执行偏移抵消动作。

如果检测到转变，则在步骤 2840 处对包括该转变的数据值之间的边界值的值（高或低）进行识别。在步骤 2850 处，如果该边界值高，则本方法进行到步骤 2860，并采取负偏移抵消动作以将信号向下调节（因为残留直流偏移是正的）。如果该边界值低，则本方法进行到步骤 2870，并采取正偏移抵消动作以将信号向上调节（因为残留直流偏移是负的）。在特定实施例中，可以对边界值进行识别并通过将边界值与预定义模式（其对应于特定偏移抵消动作）进行比较来采取偏移抵消动作。

应当指出的是，在特定实施例中，可以由偏移控制器 106 执行步骤 2820 到 2870，并且可以例如使用可变增益放大器 116 来施加直流偏移抵消动作。而且，在特定实施例中，如果对一个以上信号路径（例如对示例均衡器 42 中的路径 101）施加直流偏移补偿，则可以在一个路径中对所施加的直流偏移补偿进行调节并固定其他路径的直流偏移补偿。在另选实施例中，可以利用特定函数将独立控制变量映射到多个路径，并且可以根据该映射过程对这些路径施加直流偏移补偿。作为另一种选择，如以下结合图 30 到 40 进一步讨论的那样，可以针对各路径独立地调节直流偏移补偿。

图 25 是例示了与图 24 的方法 2800 相关联的示例直流偏移控制方案 2900 的表。每个行 2902 都对应于特定值模式，针对该特定值模式执行特定偏移抵消器动作。列 2910 包括所抽样出的数据和边界值系列中的各数

据和边界值的高值和低值（“1”或“0”）。列“D1”包括输出信号的第一抽样数据值，列“D2”包括输出信号的第二抽样数据值，列“E1”包括第一数据值与第二数据值之间的边界值。这些值类似于图 23A 到 23C 中例示的那些值。如可以观察到的那样，在每个模式中在列“D1”与“D2”的数据值之间出现了转变。

应当指出的是，可以由抽样器 104 对各行 2902 中的值的模式进行抽样并将其发送给偏移控制器 106。作为另一种选择，偏移控制器 106 可以只接收抽样数据值和其他相位信息，并且可以从这些数据值和相位信息推导出特定边界值（例如包括列 E1 中的边界值）（因而可以不由抽样器 104 来抽样出）。

列 2912 包括每个行 2902 在列“E1”处的二中择一的边界值。对于特定模式，列 2914 包括特定残留直流偏移电平。对于特定模式，列 2916 包括对偏移抵消设置的特定动作以补偿特定残留直流偏移电平。可以如以上在方法 2800 中讨论的那样施加针对偏移抵消设置的动作。

应当指出的是，在特定实施例中，偏移控制器 106 可以接收抽样值的流并从这些值中选择合适的值（例如，包括转变的两个数据值之间的边界值）。偏移控制器 106 接着可以基于该边界值来进行合适的偏移抵消动作。作为另一种选择，偏移控制器 106 可以将这些抽样值与预定义值模式（其对应于特定偏移抵消动作）进行比较。基于这些抽样值所对应的特定预定义值模式，偏移控制器 106 可以施加对应的偏移抵消动作。

在不脱离本发明的范围的情况下可以对所述系统和方法进行修改、添加或省略。可以根据具体需要对所描述的系统和方法的组成部分进行集成或分离。此外，可以由更多、更少或其他组成部分来执行所述系统和方法的操作。

利用输出信号值对残留直流偏移进行评估会引起的一个挑战是误锁定问题。当时钟信号与偏移抵消器不正确地相互作用而产生了误锁定状态时，会出现误锁定问题。例如，在初始残留偏移与输入信号振幅一样高的情况下会产生误锁定状态。在误锁定状态下，边界值与数据值的抽样相位互换。所述偏移还在很大程度上从真实中心移开，将边界抽样锁

定在真实眼图开度（eye opening）以上或以下的交叉点处。误锁定问题会扭曲利用输出信号值对残留直流偏移进行的评估。

图 26 是例示了根据本发明特定实施例的用于对在抵消残留直流偏移的过程中发生的误锁定进行纠正的方法 3000 的流程图。方法 3000 通过基于各边界值的值（高或低）对直流偏移补偿进行调节来纠正误锁定问题。因此，与方法 2800 不同，（除了基于包括转变的数据值之间的边界值以外，还）可以基于具有相同值的数据值之间的边界值来调节直流偏移补偿。结果，在调节直流偏移补偿之前，在方法 3000 中不必对转变进行识别。通过按该方式调节直流偏移补偿，方法 3000 可以将处于误锁定状态的信号轻推（nudge）出误锁定状态。应当指出的是，方法 3000 可以类似于图 24 的上述方法 2800（除步骤 2820 和 2830 以外）。

方法 3000 在步骤 3010 处开始，在该步骤处使用时钟信号对输出信号进行抽样。如以上结合图 3 描述的那样，该输出信号可以是均衡器的输出，并且可以根据时钟信号对该输出信号进行抽样。在特定实施例中，可以在由时钟信号确定的基准数据点和边界点处对输出信号进行抽样。作为另一种选择，可以不在边界点处对输出信号进行抽样，而可以推导出与这些非抽样点相对应的边界值。应当指出的是，此时，信号可能处于误锁定状态。

在对输出信号抽样之后，在步骤 3020 处，可以对边界值的值（高或低）进行识别。在步骤 3030 处，如果边界值高，则本方法进行到步骤 3040，并采取负偏移抵消动作以将信号向下调节。如果该边界值低，则本方法进行到步骤 3050，并采取正偏移抵消动作以将信号向上调节。在特定实施例中，可以对边界值进行识别并通过将边界值与预定义模式（其对应于特定偏移抵消动作）进行比较来采取偏移抵消动作。

通过基于任何边界值（即，无论是否已识别出转变）采取偏移抵消动作，可以将处于误锁定状态的信号轻推出误锁定状态。此外，由于所使用的某些边界值可能会出现在包括转变的连续数据值之间，因此进行偏移调节也可以抵消残留直流偏移。

图 27 是例示了与图 26 的方法 3000 相关联的示例偏移控制方案的表

3100。每个行 3102 都对应于特定值模式，针对该特定值模式执行特定偏移抵消器动作。列 3110 包括所抽样出的数据和边界值系列中的各数据和边界值的高值或低值（“1”或“0”）。列“D1”包括输出信号的第一抽样数据值，列“D2”包括输出信号的第二抽样数据值，列“E1”包括第一数据值与第二数据值之间的边界值。这些值类似于图 23A 到 23C 中例示的那些值。如可以观察到的那样，在每个模式中在列“D1”与“D2”的数据值之间不一定会出现转变。

应当指出的是，可以通过抽样器 104 对各行 3102 中的值的模式进行抽样并将其发送给偏移控制器 106。作为另一种选择，偏移控制器 106 可以只接收抽样数据值和其他相位信息，并且可以根据这些数据值和相位信息推导出特定边界值（例如包括列 E1 中的边界值）（因而可以不由抽样器 104 来抽样出）。

列 3112 包括每个行 3102 在列“E1”处的二中择一的边界值。对于特定模式，列 3114 包括特定残留直流偏移电平。对于特定模式，列 3116 包括对偏移抵消设置的特定动作。可以如以上在方法 3000 中讨论的那样进行针对偏移抵消设置的动作。

应当指出的是，将列 3112 中的特定边界值放在括号中。括号中的边界值是具有与紧接在该边界值周围的两个值的高值或低值不同的高值或低值的那些边界值。在特定实施例中这种情况可能是非典型的。然而，在特定实施例中可以基于边界值的高值或低值来采取偏移抵消器动作。

尤其是在将方法 3000 应用于随机信号时或者在不采用重抽样技术（按比数据速率更低的速率的抽样技术）的情况下，方法 3000 可以提供针对误锁定问题的有效解决方案。然而，如果到来的信号是（准）周期性信号并采用了重抽样技术，则在某些情况下方法 3000 可能不会防止在信号中出现系统残留偏移。例如，在重抽样周期锁定在周期性信号的周期的情况下可能如此。因此，在特定情况下，可以在采用重抽样技术的情况下纠正误锁定问题并对（准）周期性信号的残留直流偏移进行适当调节的偏移抵消器可能是有用的。

图 28 是例示了根据本发明特定实施例的用于对在抵消残留直流偏

移的过程中发生的误锁定进行纠正的另一方法 3200 的流程图。方法 3200 通过利用输出信号值首先对数据直流不平衡（误锁定问题的代名词）进行监测来纠正周期性信号中的误锁定问题。在检测到不平衡时，基于所检测到的不平衡对直流偏移补偿进行调节。如果未检测到不平衡，则只基于包括转变的连续数据值之间的那些边界值的值（高或低）来调节直流偏移补偿（类似于上述方法 2800）。利用方法 3200，即使采用重抽样技术对（准）周期性数据信号进行抽样，也可以将数据直流不平衡控制在可接受范围内。

方法 3200 在步骤 3210 处开始，在该步骤处使用时钟信号对输出信号进行抽样。如以上结合图 3 描述的那样，该输出信号可以是均衡器的输出，并且可以根据时钟信号对该输出信号进行抽样。在特定实施例中，可以在由时钟信号确定的基准数据点和边界点处对输出信号进行抽样。作为另一种选择，可以不在边界点处对输出信号进行抽样，而可以推导出与这些非抽样点相对应的边界值。在特定实施例中，偏移控制器 106 可以根据抽样数据值和其他相位信息（例如，相位是早还是晚）推导出边界值。

在步骤 3220 处，一边对输出信号进行抽样，一边对低数据值（例如“0”）的数量和高数据值（例如“1”）的数量进行计数，并在对信号进行抽样的同时更新该计数。在特定实施例中，各计数中的数据值（低和高）的数量可以只包括一定数量的先前观察到的数据值。在另选的实施例中，各计数中的数据值的数量可以只包括在一定时段期间先前观察到的那些数据值。任何合适的（多个）计数器都可以存储所观察到的高数据值的数量和低数据值的数量，并且可以基于到来的数据值的高值或低值对该（多个）计数器进行更新。

在步骤 3230 处，将对高数据值的计数与对低数据值的计数进行比较，并对一个类型的数据值是否比另一个类型的数据值频繁得多地被观察到进行确定（以确定信号是否处于误锁定状态）。如果一个类型的数据值比另一个类型的数据值频繁得多地（仅作为示例，3 倍以上地更频繁地）观察到，则方法 3200 进行到步骤 3240。如果没有一个类型的数据值比另

一个类型的数据值更频繁得多地被观察到，则方法3200进行到步骤3270。在特定实施例中，可以将各类型的数据值的数量之差或各类型的数据值的数量之比分别与预定数量或比例进行比较。

在步骤3240处，对是否比低数据值频繁得多地观察到了高数据值进行确定。如果比低数据值频繁得多地观察到了高数据值，则方法3200进行到步骤3250，并采取负偏移抵消动作以将信号向下调节。如果比高数据值频繁得多地观察到了低数据值，则方法3200进行到步骤3260，并采取正偏移抵消动作以将信号向上调节。通过按该方式对所施加的直流偏移补偿进行调节，可以将处于误锁定状态的信号轻推出误锁定状态。

应当指出的是，尽管方法3200通过对输出数据值进行计数和比较来监测数据直流不平衡，但是在另选实施例中，可以按类似的方式对输出数据值和/或边界值进行计数和比较，以监测数据直流不平衡。也可以按类似的方式对数据值和/或边界值的计数进行分析，以对施加给输入数据信号的偏移补偿进行调节。

如果在步骤3230处没有一个类型的数据值比另一个类型的数据值频繁得多地被观察到，则方法3200进行到步骤3270。在步骤3270处，可以对抽样数据值进行分析以确定在这些值中是否出现了转变。在步骤3280处，如果未检测到转变，则本方法返回到步骤3210，并对输出信号进行抽样。如果在连续数据值之间检测到转变，则本方法进行到步骤3290。应当指出的是，在特定实施例中，可以通过直接将所接收到的数据值进行相互比较来检测转变。在另选实施例中，可以通过将所接收到的数据值和边界值与包括转变（并对应于特定偏移抵消动作）的预定义值模式进行比较来检测转变。还应当指出的是，在特定实施例中，可以在只检测到一个转变之后执行偏移抵消动作。

如果检测到转变，则在步骤3290处对包括该转变的数据值之间的边界值的值（高或低）进行识别。在步骤3300处，如果该边界值高，则本方法进行到步骤3250，并采取负偏移抵消动作以将信号向下调节（因为残留直流偏移是负的）。如果该边界值低，则本方法进行到步骤3260，并采取正偏移抵消动作以将信号向上调节（因为残留直流偏移是负的）。在

特定实施例中，可以对边界值进行识别并通过将边界值与预定义模式（其对应于特定偏移抵消动作）进行比较来采取偏移抵消动作。方法 3200 接着返回到步骤 3210 和 3220 以对输出信号进行抽样并对所计得的低数据值和高数据值的数量进行更新。

应当指出的是，在特定实施例中，可以由偏移控制器 106 执行步骤 3220 到 3300，并且可以例如使用可变增益放大器 116 来施加直流偏移抵消动作。而且，在特定实施例中，如果对一个以上信号路径（例如对示例均衡器 42 中的路径 101）施加直流偏移补偿，则可以在一个路径中对所施加的直流偏移补偿进行调节并固定其他路径的直流偏移补偿。在另选实施例中，可以利用特定函数将独立控制变量映射到多个路径，并且可以根据该映射过程对这些路径施加直流偏移补偿。作为另一种选择，如以下结合图 30 到 40 进一步讨论的那样，可以针对各路径独立地调节直流偏移补偿。

如可以观察到的那样，方法 3200 基于观察到特定数据值的相对频率将调节直流偏移补偿的方式分成两种。如果比一种类型的数据值频繁得多地观察到了另一类型的数据值，则方法 3200 对有可能由于误锁定而引起的这一不平衡性进行校正。如果没有一个类型的数据值比另一个类型的数据值更频繁得多地被观察到，则方法 3200 假定该信号未处于误锁定状态并只对包括转变的连续数据值之间的那些边界值进行分析以校正残留直流偏移。按该方式，方法 3200 可以使得任何数据直流不平衡保持在可接受范围内。在特定实施例中，即使到来的信号是（准）周期性信号并且采用了重抽样技术，也可以使数据直流不平衡保持在可接受范围内。

图 29 是例示了与图 28 的方法 3200 相关联的示例偏移控制方案的表 3400。每个行 3402 都对应于特定值模式，针对该特定值模式执行特定偏移抵消器动作。列 3410 包括所抽样出的数据和边界值系列中的各数据和边界值的高值或低值（“1”或“0”）。列“D1”包括输出信号的第一抽样数据值，列“D2”包括输出信号的第二抽样数据值，列“E1”包括第一数据值与第二数据值之间的边界值。这些值类似于图 23A 到 23C 中例示的那些值。如可以观察到的那样，在每个模式中在列“D1”与“D2”的

数据值之间不一定会出现转变。

应当指出的是，可以由抽样器 104 对各行 3402 中的值的模式进行抽样并将其发送给偏移控制器 106。作为另一种选择，偏移控制器 106 可以只接收抽样数据值和其他相位信息，并且可以根据这些数据值和相位信息推导出特定边界值（例如包括列 E1 中的边界值）（因而可以不由抽样器 104 来抽样出）。

列 3412 包括行 3402a 和 3402b 在列“E1”处的二中择一的边界值。对于行 3402c 和 3402d，在列 3412 中包括“X”，这是因为，对于具有相同值的连续数据值，当采取偏移抵消器动作时不考虑边界值。相反，如以上在方法 3200 中描述的那样，只考虑高数据值或低数据值的相对频率。对于特定模式，列 3414 包括特定残留直流偏移电平。对于特定模式，列 3416 包括对偏移抵消设置的特定动作。可以如以上在方法 3200 中讨论的那样施加针对偏移抵消设置的动作。

在不脱离本发明的范围的情况下可以对所述系统和方法进行修改、添加或省略。可以根据具体需要对所描述的系统和方法的组成部分进行集成或分离。此外，可以由更多、更少或其他组成部分来执行所述系统和方法的操作。

在特定实施例中，均衡器（如图 3 的均衡器 42）可以对一个以上信号路径（如信号的未改变（直流）分量、一阶分量以及二阶分量）施加直流偏移抵消动作。可以对一个以上信号路径施加直流偏移抵消动作的均衡器的示例包括二阶导数均衡器。在某些均衡器中，可以按设定的方式对多个信号路径施加直流偏移抵消动作。按设定的方式施加直流偏移抵消动作包括在一个路径中调节直流偏移增益并固定其他路径的直流偏移补偿。作为另一种选择，按设定的方式施加直流偏移抵消动作包括利用特定函数将独立控制变量映射到多个路径，并根据该映射对这些路径中的直流偏移补偿进行调节。

在特定情况下按设定的方式对多个信号路径施加直流偏移抵消动作可能是不利的。例如，如果多个信号路径的残留直流偏移在相反方向上（即，使得在合并器 118 处将这些残留直流偏移合并时，它们会相互抵

消掉），则均衡器不会校正各信号路径中的残留直流偏移，因而直流偏移会使一个或更多个路径中的信号分量饱和。允许残留直流偏移继续存在于一个或更多个信号路径中会使均衡器的性能劣化，例如限制均衡器电路的线性操作范围。

图 30 与时钟信号相对照地例示了示例一阶导数均衡器中的表现出负残留直流偏移的直流路径输出 3510、表现出正残留直流偏移的一阶导数路径输出3520以及主要表现出零残留直流偏移的均衡器输出信号3530的示例 3500。应当指出的是，尽管与时钟信号相对照地例示了直流路径输出 3510 和一阶导数路径输出 3520，但是接收器可以不单个地对输出 3510 和 3520 进行监测或利用时钟信号对输出 3510 和 3520 进行抽样。在所例示的示例中，均衡器输出 3530 是直流路径输出 3510 和一阶导数路径输出 3520 的和。如可以观察到的那样，尽管均衡器输出 3530 主要表现出零总体直流偏移，但是直流路径输出 3510 是饱和的并且表现出负偏移，而一阶导数路径输出 3520 表现出正偏移。因此，按设定的方式对路径施加直流偏移抵消动作的均衡器可能不会校正各个路径中的残留偏移，因而残留偏移会使均衡器性能劣化。因此，在特定情况下可以抵消信号的各组成路径中的残留偏移的均衡器是有利的。

应当指出的是，均衡器输出 3530 可能在边界 E3 和边界 E4 处主要表现出已得到抵消的总体偏移，但是它可能在边界 E2 处表现出轻微的正偏移，这与一阶导数路径输出 3520 的偏移处于相同的极性。这可能是由于直流路径输出 3510 的饱和而导致的。换句话说，如果直流路径输出 3510 与一阶导数路径输出 3520 具有极性相反而量值相同的残留偏移，那么在均衡器输出 3530 处，它们会在多个连续转变之后的边界（如在 E3 和 E4 处）处完全相互抵消，这是因为在多个连续转变之后直流路径输出 3510 可能不是饱和的。另一方面，即使直流路径输出 3510 与一阶导数路径输出 3520 具有极性相反而量值相同的残留偏移，在均衡器输出 3530 处，它们也不会在具有相同值的几个数据位之后的边界（如在 E2 处）处完全相互抵消，并且均衡器输出 3530 可能趋于具有与一阶导数路径输出 3520 相同的极性偏移，这是因为直流路径输出 3510 由于直流路径输出 3510

的饱和效应（其可能在具有相同值的连续多个数据位之后出现）而可能具有比一阶导数路径输出 3520 稍小的偏移量值。按该方式，可以通过根据边界之前的数据模式选择边界值而从总体均衡器输出 3530 中检测出诸如一阶导数路径输出 3520 的单个路径中的残留偏移。

图 31 是例示了根据本发明特定实施例的用于对一阶导数模拟均衡器中的残留直流偏移进行抵消的示例方法 3600 的流程图。在特定情况下，通过对一阶导数均衡器中的未改变直流路径和一阶导数路径中的一个或两个路径施加偏移抵消动作，方法 3600 可以对这两个路径中的残留直流偏移进行抵消。

例如，当在转变之前观察到具有相同的高值或低值的连续数据值时，可以只对一阶导数路径施加偏移抵消动作。具有相同值的连续数据值表明直流路径是饱和的（假定大致抵消了信号的总体偏移）。因此，包括转变的数据值之间的边界值的值（高或低）很可能对应于一阶导数路径中的残留直流偏移。当在转变之前观察到具有不同的高值或低值的连续多个数据值时，可以对一阶导数路径和直流路径两者都施加偏移抵消动作。通过按这种方式施加偏移抵消动作，即使未改变直流路径和一阶导数路径表现出相反方向的残留偏移，方法 3600 也可以对各信号路径中的残留偏移进行校正。

方法 3600 在步骤 3610 处开始，在该步骤处使用时钟信号对输出信号进行抽样。如以上结合图 3 描述的那样，该输出信号可以是均衡器的输出，并且可以根据时钟信号对该输出信号进行抽样。在特定实施例中，可以在由时钟信号确定的基准数据点和边界点处对输出信号进行抽样。作为另一种选择，可以不在边界点处对输出信号进行抽样，而可以推导出与这些非抽样点相对应的边界值。在特定实施例中，偏移控制器 106 可以从抽样数据值和其他相位信息（例如，输出信号的相位是早还是晚）推导出边界值。

在步骤 3620 处，在对输出信号抽样之后，可以对所抽样出的数据值进行分析，以确定在这些数据值中是否出现了转变。在步骤 3630 处，如果未检测到转变，则本方法返回到步骤 3620。如果在连续的数据值之间

检测到转变，则本方法进行到步骤 3640。应当指出的是，在特定实施例中，可以通过直接将所接收到的数据值进行相互比较来检测转变。在另选实施例中，可以通过将所接收到的数据值和边界值与包括转变（并对应于特定偏移抵消动作）的预定义值模式进行比较来检测转变。还应当指出的是，在特定实施例中，可以在检测到单个转变之后执行偏移抵消动作。

如果检测到转变，则在步骤 3640 处对包括该转变的连续数据值之间的边界值的值进行识别。在步骤 3650 处，如果该边界值高，则本方法进行到步骤 3660。如果该边界值低，则本方法进行到步骤 3690。

在步骤 3660 处，对边界值之前 0.5 个和 1.5 个位的数据值是否相同进行确定。若相同，则直流路径可能是饱和的，并且该边界值的值可能反映一阶导数路径中的残留直流偏移。因此，如果边界值之前 0.5 个和 1.5 个位的数据值相同，则方法 3600 进行到步骤 3670，并对一阶导数路径施加负偏移抵消动作以将信号向下调节（因为残留一阶导数路径偏移是正的）。如果边界值之前 0.5 个和 1.5 个位的数据值不同，则方法 3600 进行到步骤 3680，并对未改变直流路径和一阶导数路径施加负偏移抵消动作以将信号向下调节（因为残留均衡器偏移是正的）。应当指出的是，在特定实施例中，可以通过将边界值和数据值与预定义模式（其对应于特定偏移抵消动作）进行比较来识别边界值、对数据值进行比较以及采取偏移抵消动作。

如果在步骤 3650 处边界值低，则方法 3600 进行到步骤 3690。在步骤 3690 处，对边界值之前 0.5 个和 1.5 个位的数据值是否相同进行确定。若相同，则直流路径可能是饱和的，并且该边界值的值可能反映一阶导数路径中的残留直流偏移。因此，如果边界值之前 0.5 个和 1.5 个位的数据值相同，则方法 3600 进行到步骤 3700，并对一阶导数路径施加正偏移抵消动作以将信号向上调节（因为残留一阶导数路径偏移是负的）。如果边界值之前 0.5 个和 1.5 个位的数据值不同，则方法 3600 进行到步骤 3710，并对未改变直流路径和一阶导数路径施加正偏移抵消动作以将信号向上调节（因为残留均衡器偏移是负的）。应当指出的是，在特定实施例中，

可以通过将边界值和数据值与预定义模式（其对应于特定偏移抵消动作）进行比较来识别边界值、对数据值进行比较以及采取偏移抵消动作。

应当指出的是，在特定实施例中，可以由偏移控制器 106 执行步骤 3620 到 3710，并且可以例如使用可变增益放大器 116 来施加直流偏移抵消动作。还应当指出的是，尽管利用边界值之前 0.5 个与 1.5 个位的数据值之间的关系来确定要施加偏移补偿的路径组，但是也可以利用任何合适的数据值之间的关系（例如，将边界值之前 2.5 个位的数据值考虑在内）。还应当指出的是，可以将方法 3600 推广以应用于与任何合适数量的信号路径相关联的均衡器。

图 32 是例示了与图 31 的方法 3600 相关联的示例偏移控制方案的表 3800。各行 3802 都对应于特定值模式，针对该特定值模式（要么对一阶导数路径要么对一阶导数路径和未改变直流路径两者）执行特定偏移抵消器动作。列 3810 包括所抽样出的数据值和边界值的系列中的各数据值和边界值的高值或低值（“1”或“0”）。列“D0”包括输出信号的第零抽样数据值，列“D1”包括输出信号的第一抽样数据值，列“D2”包括输出信号的第二抽样数据值，列“E1”包括第一数据值与第二数据值之间的边界值。这些值类似于图 23A 到 23C 中例示的那些值。如可以观察到的那样，在每个模式中在列“D1”与“D2”的数据值之间出现了转变。

应当指出的是，可以由抽样器 104 对各行 3802 中的值的模式进行抽样并将其发送给偏移控制器 106。作为另一种选择，偏移控制器 106 可以只接收抽样数据值和其他相位信息，并且可以根据这些数据值和相位信息推导出特定边界值（例如包括列 E1 中的边界值）（因而可以不由抽样器 104 来抽样出）。

列 3812 包括各行 3802 在列“E1”处的二中择一的边界值。对于特定模式，列 3814 包括与输入信号的未改变直流路径相关联的特定残留直流偏移程度和直流偏移抵消动作。可以如以上在方法 3600 中讨论的那样进行直流偏移抵消动作。对于特定模式，列 3816 包括与输入信号的一阶导数路径相关联的特定残留直流偏移程度和直流偏移抵消动作。可以如以上在方法 3600 中讨论的那样进行直流偏移抵消动作。

图 33 是例示了根据本发明特定实施例的用于对一阶导数模拟均衡器中的残留直流偏移进行抵消的另一示例方法 3900 的流程图。与图 31 中的方法 3600 类似，在特定情况下，方法 3900 可以通过对一阶导数均衡器的未改变直流路径和一阶导数路径中的任一路径施加偏移抵消动作来抵消这些路径中的残留直流偏移。

在方法 3900 中，当在转变之前观察到具有相同的高值或低值的连续数据值时，可以只对一阶导数路径施加偏移抵消动作。具有相同值的连续数据值表明直流路径是饱和的（假定大致抵消了信号的总体偏移）。因此，包括转变的多个数据值之间的边界值的值（高或低）很可能对应于一阶导数路径中的残留直流偏移。当在转变之前观察到具有不同的高值或低值的连续数据值时，可以只对未改变直流路径施加偏移抵消动作。通过按这种方式施加偏移抵消动作，即使未改变直流路径和一阶导数路径表现出相反方向的残留偏移，方法 3900 也可以对各信号路径中的残留偏移进行校正。

方法 3900 在步骤 3910 处开始，在该步骤处，使用时钟信号对输出信号进行抽样。由于步骤 3910 到 3960 以及 3990 可以分别与步骤 3610 到 3660 以及 3690 相同，因此不对步骤 3910 到 3960 以及 3990 进行详细描述。在步骤 3960 处对边界值之前 0.5 个和 1.5 个位的数据值是否相同进行了确定之后，方法 3900 在这些值相同的情况下进行到步骤 3970，而在这些值不同的情况下进行到步骤 3980。在步骤 3970 处，对一阶导数路径施加负偏移抵消动作以将信号向下调节（因为残留一阶导数路径偏移是正的）。在步骤 3980 处，如果边界值之前 0.5 个和 1.5 个位的数据值不同，则对未改变直流路径施加负偏移抵消动作以将信号向下调节（因为残留均衡器偏移是正的）。应当指出的是，在特定实施例中，可以通过将边界值和数据值与预定义模式（其对应于特定偏移抵消动作）进行比较来识别边界值、对数据值进行比较以及采取偏移抵消动作。

在步骤 3990 处对边界值之前 0.5 个和 1.5 个位的数据值是否相同进行了确定之后，方法 3900 在这些值相同的情况下进行到步骤 4000，而在这些值不同的情况下进行到步骤 4010。在步骤 4000 处，对一阶导数路径

施加正偏移抵消动作以将信号向上调节（因为残留一阶导数路径偏移是负的）。在步骤 4010 处，如果边界值之前 0.5 个和 1.5 个位的数据值不同，则对未改变直流路径施加正偏移抵消动作以将信号向上调节（因为残留均衡器偏移是负的）。应当指出的是，在特定实施例中，可以通过将边界值和数据值与预定义模式（其对应于特定偏移抵消动作）进行比较来识别边界值、对数据值进行比较以及采取偏移抵消动作。

还应当指出的是，在特定实施例中，可以由偏移控制器 106 执行步骤 3920 到 4010，并且可以例如使用可变增益放大器 116 来施加直流偏移抵消动作。还应当指出的是，尽管利用边界值之前 0.5 个与 1.5 个位的数据值之间的关系来确定要被施加偏移补偿的路径组，但是也可以利用任何合适的多个数据值之间的关系（例如，将转变边界值之前 2.5 个位的数据值考虑在内）。还应当指出的是，可以将方法 3900 推广以应用于与任何合适数量的信号路径相关联的均衡器。

图 34 是例示了与图 33 的方法 3900 相关联的示例偏移控制方案的表 4100。各行 4102 都对应于特定值模式，针对该特定值模式（要么对一阶导数路径要么对未改变直流路径）执行特定偏移抵消器动作。列 4110 包括所抽样出的数据值和边界值的系列中的各数据值和边界值的高值或低值（“1”或“0”）。列“D0”包括输出信号的第零抽样数据值，列“D1”包括输出信号的第一抽样数据值，列“D2”包括输出信号的第二抽样数据值，列“E1”包括第一数据值与第二数据值之间的边界值。这些值类似于图 23A 到 23C 中例示的那些值。如可以观察到的那样，在每个模式中在列“D1”与“D2”的数据值之间出现了转变。

应当指出的是，可以通过抽样器 104 对各行 4102 中的值的模式进行抽样并将其发送给偏移控制器 106。作为另一种选择，偏移控制器 106 可以只接收抽样数据值和其他相位信息，并且可以根据这些数据值和相位信息推导出特定边界值（例如包括列 E1 中的边界值）（因而可以不由抽样器 104 来抽样出）。

列 4112 包括各行 4102 在列“E1”处的二中择一的边界值。对于特定模式，列 4114 包括与输入信号的未改变直流路径相关联的特定残留直

流偏移程度和直流偏移抵消动作。可以如以上在方法 3900 中讨论的那样施加直流偏移抵消动作。对于特定模式，列 4116 包括与输入信号的一阶导数路径相关联的特定残留直流偏移程度和直流偏移抵消动作。可以如以上在方法 3900 中讨论的那样施加直流偏移抵消动作。

图 35 是例示了根据本发明特定实施例的用于对一阶导数模拟均衡器中的残留直流偏移进行抵消的再一示例方法 4200 的流程图。与图 31 中的方法 3600 类似，在某些情况下，方法 4200 可以对一阶导数模拟均衡器的未改变直流路径和一阶导数路径中的一个或两个施加偏移抵消动作以抵消这些路径中的残留偏移。方法 4200 可以通过以下处理来这样做：当在转变之前观察到具有相同的高值或低值的连续数据值时，对未改变直流路径和一阶导数路径都施加偏移抵消动作。当在转变之前观察到具有不同的高值或低值的连续数据值时，可以只对未改变直流路径施加偏移抵消动作。通过按这种方式施加偏移抵消动作，方法 4200 可以对各信号路径中的残留偏移进行校正。

方法 4200 在步骤 4210 处开始，在该步骤处使用时钟信号对输出信号进行抽样。由于步骤 4210 到 4260 以及 4290 可以分别与步骤 3610 到 3660 以及 3690 相同，因此不对步骤 4210 到 4260 以及 4290 进行详细描述。在步骤 4260 处对边界值之前 0.5 个和 1.5 个位的数据值是否相同进行了确定之后，方法 4200 在这些值相同的情况下进行到步骤 4270，而在这些值不同的情况下进行到步骤 4280。在步骤 4270 处，对未改变直流路径施加正偏移抵消动作以将未改变直流路径向上调节，并对一阶导数路径施加负偏移抵消动作以将一阶导数路径向下调节（因为残留一阶导数路径偏移是正的）。可以按与一阶导数路径相反的方式对未改变直流路径的偏移进行向上调节，以将总体偏移校正保持在同一水平上，同时将一阶导数路径的偏移向下调节。在步骤 4280 处，如果边界值之前 0.5 个和 1.5 个位的数据值不同，则对未改变直流路径施加负偏移抵消动作以将信号向下调节（因为残留均衡器偏移是正的）。应当指出的是，在特定实施例中，可以通过将边界值和数据值与预定义模式（其对应于特定偏移抵消动作）进行比较来识别边界值、对数据值进行比较以及采取偏移抵消

动作。

在步骤 4290 处对边界值之前 0.5 个和 1.5 个位的数据值是否相同进行了确定之后，方法 4200 在这些值相同的情况下进行到步骤 4300，而在这些值不同的情况下进行到步骤 4310。在步骤 4300 处，对未改变直流路径施加负偏移抵消动作以将未改变直流路径向下调节，并对一阶导数路径施加正偏移抵消动作以将一阶导数路径向上调节（因为残留一阶导数路径偏移是负的）。可以按与一阶导数路径相反的方式对未改变直流路径的偏移进行向下调节，以将总体偏移校正保持在同一水平上，同时将一阶导数路径的偏移向上调节。在步骤 4310 处，如果边界值之前 0.5 个和 1.5 个位的数据值不同，则对未改变直流路径施加正偏移抵消动作以将未改变直流路径向上调节（因为残留均衡器偏移是负的）。应当指出的是，在特定实施例中，可以通过将边界值和数据值与预定义模式（其对应于特定偏移抵消动作）进行比较来识别边界值、对数据值进行比较以及采取偏移抵消动作。

还应当指出的是，在特定实施例中，可以由偏移控制器 106 执行步骤 4220 到 4310，并且可以例如使用可变增益放大器 116 来施加直流偏移抵消动作。还应当指出的是，尽管利用边界值之前 0.5 个与 1.5 个位的数据值之间的关系来确定要被施加偏移补偿的路径组，但是也可以利用任何合适的数据值之间的关系（例如，将转变边界值之前 2.5 个位的数据值考虑在内）。还应当指出的是，可以将方法 4200 推广以应用于与任何合适数量的信号路径相关联的均衡器。

图 36 是例示了与图 35 的方法 4200 相关联的示例偏移控制方案的表 4400。各行 4402 都对应于特定值模式，针对该特定值模式（要么对一阶导数路径和直流路径要么只对直流路径）执行特定偏移抵消器动作。列 4410 包括所抽样出的数据值和边界值系列中的数据值和边界值的高值或低值（“1”或“0”）。列“D0”包括输出信号的第零抽样数据值，列“D1”包括输出信号的第一抽样数据值，列“D2”包括输出信号的第二抽样数据值，列“E1”包括第一数据值与第二数据值之间的边界值。这些值类似于图 23A 到 23C 中例示的那些值。如可以观察到的那样，在每个模式

中在列“D1”与“D2”的数据值之间出现了转变。

应当指出的是，可以由抽样器 104 对各行 4402 中的值的模式进行抽样并将其发送给偏移控制器 106。作为另一种选择，偏移控制器 106 可以只接收抽样数据值和其他相位信息，并且可以根据这些数据值和相位信息推导出特定边界值（例如包括列 E1 中的边界值）（因而可以不由抽样器 104 来抽样出）。

列 4412 包括各行 4402 在列“E1”处的二中择一的边界值。对于特定模式，列 4414 包括与输入信号的未改变直流路径相关联的特定残留直流偏移程度和直流偏移抵消动作。可以如以上在方法 4200 中讨论的那样施加直流偏移抵消动作。对于特定模式，列 4416 包括与输入信号的一阶导数路径相关联的特定残留直流偏移程度和直流偏移抵消动作。可以如以上在方法 4200 中讨论的那样施加直流偏移抵消动作。

图 37 是例示了根据本发明特定实施例的用于对一阶导数模拟均衡器中的残留直流偏移进行抵消的再一示例方法 4500 的流程图。与图 31 中的方法 3600 类似，在某些情况下，方法 4500 可以按偏置方式对一阶导数模拟均衡器的未改变直流路径和一阶导数路径都施加偏移抵消动作以抵消这些路径中的残留偏移。方法 4500 可以通过以下处理来这样做：当在转变之前观察到具有相同的高值或低值的连续数据值时，对直流路径和一阶导数路径都施加偏移抵消动作，在一阶导数路径上进行偏置。当在转变之前观察到具有不同的高值或低值的连续数据值时，可以对直流路径和一阶导数路径都施加偏移抵消动作，在直流路径上进行偏置。通过按这种偏置方式施加偏移抵消动作，即使未改变直流路径和一阶导数路径表现出相反方向的残留偏移，方法 4500 也可以对各信号路径中的残留偏移进行校正。

方法 4500 在步骤 4510 处开始，在该步骤处使用时钟信号对输出信号进行抽样。由于步骤 4510 到 4560 以及 4590 可以分别与步骤 3610 到 3660 以及 3690 相同，因此不对步骤 4510 到 4560 以及 4590 进行详细描述。在步骤 4560 处对边界值之前 0.5 个和 1.5 个位的数据值是否相同进行了确定之后，方法 4500 在这些值相同的情况下进行到步骤 4570，而在

这些值不同的情况下进行到步骤 4580。在步骤 4570 处，对未改变直流路径施加负偏移抵消动作以将未改变直流路径向下调节，并对一阶导数路径施加较大的负偏移抵消动作以将一阶导数路径向下调节（因为残留一阶导数路径偏移是正的）。在步骤 4580 处，如果边界值之前 0.5 个和 1.5 个位的数据值不同，则对一阶导数路径施加负偏移抵消动作以将一阶导数路径向下调节，并对未改变直流路径施加较大的负偏移抵消动作以将未改变直流路径向下调节（因为残留均衡器偏移是正的）。应当指出的是，在特定实施例中，可以通过将边界值和数据值与预定义模式（其对应于特定偏移抵消动作）进行比较来识别边界值、对数据值进行比较以及采取偏移抵消动作。

在步骤 4590 处对边界值之前 0.5 个和 1.5 个位的数据值是否相同进行了确定之后，方法 4500 在这些值相同的情况下进行到步骤 4600，而在这些值不同的情况下进行到步骤 4610。在步骤 4600 处，对未改变直流路径施加正偏移抵消动作以将未改变直流路径向上调节，并对一阶导数路径施加较大的正偏移抵消动作以将一阶导数路径向上调节（因为残留一阶导数路径偏移是负的）。在步骤 4610 处，如果边界值之前 0.5 个和 1.5 个位的数据值不同，则对一阶导数路径施加正偏移抵消动作以将一阶导数路径向上调节，并对未改变直流路径施加较大的正偏移抵消动作以将直流路径向上调节（因为残留均衡器偏移是负的）。应当指出的是，在特定实施例中，可以通过将边界值和数据值与预定义模式（其对应于特定偏移抵消动作）进行比较来识别边界值、对数据值进行比较以及采取偏移抵消动作。

还应当指出的是，在特定实施例中，可以由偏移控制器 106 执行步骤 4520 到 4610，并且可以例如使用可变增益放大器 116 来进行直流偏移抵消动作。还应当指出的是，尽管利用边界值之前 0.5 个与 1.5 个位的数据值之间的关系来确定要被施加偏移补偿的路径组，但是也可以利用任何合适的数据值之间的关系（例如，将边界值之前 2.5 个位的数据值考虑在内）。还应当指出的是，可以将方法 4500 推广以应用于与任何合适数量的信号路径相关联的均衡器。

图 38 是例示了与图 37 的方法 4500 相关联的示例偏移控制方案的表 4700。各行 4702 都对应于特定值模式，针对该特定值模式（对一阶导数路径和直流路径两者）执行特定偏移抵消器动作。列 4710 包括所抽样出的数据值和边界值系列中的各数据值和边界值的高值或低值（“1”或“0”）。列“D0”包括输出信号的第零抽样数据值，列“D1”包括输出信号的第一抽样数据值，列“D2”包括输出信号的第二抽样数据值，列“E1”包括第一数据值与第二数据值之间的边界值。这些值类似于图 23A 到 23C 中例示的那些值。如可以观察到的那样，在各模式中在列“D1”与“D2”的数据值之间出现了转变。

应当指出的是，可以通过抽样器 104 对各行 4702 中的值的模式进行抽样并将其发送给偏移控制器 106。作为另一种选择，偏移控制器 106 可以只接收抽样数据值和其他相位信息，并且可以根据这些数据值和相位信息推导出特定边界值（例如包括列 E1 中的边界值）（因而可以不由抽样器 104 来抽样出）。

列 4712 包括各行 4702 在列“E1”处的二中择一的边界值。对于特定模式，列 4714 包括与输入信号的未改变直流路径相关联的特定残留直流偏移程度和直流偏移抵消动作。可以如以上在方法 4500 中讨论的那样施加直流偏移抵消动作。对于特定模式，列 4716 包括与输入信号的一阶导数路径相关联的特定残留直流偏移程度和直流偏移抵消动作。可以如以上在方法 4500 中讨论的那样施加直流偏移抵消动作。

图 39 是例示了根据本发明特定实施例的用于对二阶导数模拟均衡器中的残留直流偏移进行抵消的示例方法 4800 的流程图。在某些情况下，方法 4800 可以对二阶导数模拟均衡器的直流路径、一阶导数路径以及二阶导数路径中的一个或更多个施加偏移抵消动作，以抵消这些路径中的残留偏移。方法 4800 可以通过以下处理来这样做：当在转变之前观察到具有相同的高值或低值的 3 个连续数据值时，只对二阶导数路径施加偏移抵消动作。当在转变之前观察到具有相同的高值或低值的 2 个连续数据值时，方法 4800 可以对一阶和二阶导数路径都施加偏移抵消动作。当在转变之前观察到具有相反的高值或低值的 2 个连续数据值时，方法 4800

可以对所有这 3 个路径都施加偏移抵消动作。通过按这种方式施加偏移抵消动作，即使这 3 个路径的残留偏移相互抵消掉，方法 4800 也可以对各信号路径中的残留偏移进行校正。

方法 4800 在步骤 4810 处开始，在该步骤处使用时钟信号对输出信号进行抽样。由于步骤 4810 到 4850 可以分别与步骤 3610 到 3650 相同，因此不对步骤 4810 到 4850 进行详细描述。在步骤 4850 处对边界值是否为高（即，是否等于“1”）进行了确定之后，方法 4800 在边界值高的情况下进行到步骤 4860，而在边界值低（即，等于“0”）的情况下进行到步骤 4910。

在步骤 4860 处，对边界值之前 0.5、1.5 以及 2.5 个位的数据值是否相同进行确定。如果这些值相同，则方法 4800 进行到步骤 4870，并施加负偏移抵消动作以将二阶导数路径向下调节（因为残留二阶导数路径偏移是正的）。如果在步骤 4860 处确定这些值不相同，则方法 4800 进行到步骤 4880。应当指出的是，在特定实施例中，可以通过将边界值和数据值与预定义模式（其对应于特定偏移抵消动作）进行比较来识别边界值、对数据值进行比较以及采取偏移抵消动作。

在步骤 4880 处，对边界值之前 0.5、1.5 以及 2.5 个位的数据值是否相同进行确定。方法 4800 在这些值相同的情况下进行到步骤 4890，或者在这些值不相同的情况下进行到步骤 4900。在步骤 4890 处，对一阶和二阶导数路径中的每一个都施加负偏移抵消动作以将一阶和二阶导数路径中的每一个都向下调节（因为残留一阶和/或二阶导数路径偏移是正的）。在步骤 4900 处，如果边界值之前 0.5 和 1.5 个位的数据值不同，则对 3 个路径中的每一个都施加负偏移抵消动作以将 3 个路径中的每一个都向下调节（因为残留均衡器偏移是正的）。应当指出的是，在特定实施例中，可以通过将边界值和数据值与预定义模式（其对应于特定偏移抵消动作）进行比较来识别边界值、对数据值进行比较以及采取偏移抵消动作。

如果在步骤 4850 处确定边界值为低，则方法 4800 进行到步骤 4910。在步骤 4910 处，对在边界值之前 0.5、1.5 以及 2.5 个位的数据值是否相同进行确定。如果这些值相同，则方法 4800 进行到步骤 4920，并对二阶

导数路径施加正偏移抵消动作，以将信号向上调节（因为残留二阶导数路径偏移是负的）。如果在步骤 4910 确定出所述数据值不相同，则方法 4800 进行到步骤 4930。应当指出的是，在特定实施例中，可以通过将边界值和数据值与预定义模式（其对应于特定偏移抵消动作）进行比较来识别边界值、对数据值进行比较以及采取偏移抵消动作。

在步骤 4930 处，对在边界值之前 0.5 和 1.5 个位的数据值是否相同进行确定。如果这些值相同，则方法 4800 进行到步骤 4940。如果这些值不相同，则方法 4800 进行到步骤 4950。在步骤 4940 处，对一阶和二阶导数路径中的每一个都施加正偏移抵消动作以将一阶和二阶导数路径中的每一个都向上调节（因为残留一阶和/或二阶导数路径偏移是负的）。在步骤 4950 处，如果边界值之前 0.5 和 1.5 个位的数据值不同，则对 3 个路径中的每一个都施加正偏移抵消动作以将 3 个路径中的每一个都向上调节（因为残留均衡器偏移是负的）。应当指出的是，在特定实施例中，可以通过将边界值和数据值与预定义模式（其对应于特定偏移抵消动作）进行比较来识别边界值、对数据值进行比较以及采取偏移抵消动作。

还应当指出的是，在特定实施例中，可以由偏移控制器 106 执行步骤 4820 到 4950，并且可以例如使用可变增益放大器 116 来施加直流偏移抵消动作。还应当指出的是，尽管利用边界值之前 0.5、1.5 以及 2.5 个位的数据值之间的关系来确定要被施加偏移补偿的路径组，但是也可以利用任何合适的数据值之间的关系（例如，将边界值之前 3.5 个位的数据值考虑在内）。还应当指出的是，可以将方法 4800 推广以应用于与任何合适数量的信号路径相关联的均衡器。

图 40 是例示了与图 39 的方法 4800 相关联的示例偏移控制方案的表 5000。各行 5002 都对应于特定值模式，针对该特定值模式（对直流路径、一阶导数路径以及二阶导数路径中的一个或更多个的组）执行特定偏移抵消器动作。列 5010 包括所抽样出的数据值和边界值系列中的各数据值和边界值的高值或低值（“1”或“0”）。“X”表示该值可以是“0”或“1”。列“D0”包括输出信号的第零抽样数据值，列“D1”包括输出信号的第一抽样数据值，列“D2”包括输出信号的第二抽样数据值，列“D3”包

括输出信号的第三抽样数据值，列“E2”包括第二数据值与第三数据值之间的边界值。这些值类似于图 23A 到 23C 中例示的那些值。如可以观察到的那样，在每个模式中在列“D2”与“D3”的数据值之间出现了转变。

应当指出的是，可以由抽样器 104 各行 5002 中的值的模式进行抽样并将其发送给偏移控制器 106。作为另一种选择，偏移控制器 106 可以只接收抽样数据值和其他相位信息，并且可以根据这些数据值和相位信息推导出特定边界值（例如包括列 E2 中的边界值）（因而可以不由抽样器 104 来抽样）。

列 5012 包括各行 5002 在列“E2”处的二中择一的边界值。对于特定模式，列 5014 包括与输入信号的未改变直流路径相关联的特定残留直流偏移程度和直流偏移抵消动作。可以如以上在方法 4800 中讨论的那样施加直流偏移抵消动作。对于特定模式，列 5016 包括与输入信号的一阶导数路径相关联的特定残留直流偏移程度和直流偏移抵消动作。可以如以上在方法 4800 中讨论的那样施加直流偏移抵消动作。对于特定模式，列 5018 包括与输入信号的二阶导数路径相关联的特定残留直流偏移程度和直流偏移抵消动作。可以如以上在方法 4800 中讨论的那样施加直流偏移抵消动作。

应当指出的是，在特定实施例中可以将在图 30 到 40 中例示的实施例归并在一起。例如，在特定实施例中，可以将方法 4200 中的步骤 4280 和 4310 分别替换成方法 3600 中的步骤 3680 和 3710。在其他实施例中，通过将相同的偏移补偿施加给二阶导数路径和一阶导数路径，可以将方法 3600、3900、4200 或 4500 应用于二阶导数模拟均衡器，这是因为可能难以采用方法 4800 在一阶导数路径与二阶导数路径之间有效地区分各个路径的残留偏移，并且针对一阶和二阶导数路径的独立偏移控制可能变得失控。在这种实施例中，如果一阶导数路径和二阶导数路径中的残留偏移具有相反的极性，则这些残留偏移可能未被完全抵消。然而，在特定实施例中，与采用方法 4800 让它们随机变化并且由于不能对一阶导数路径与二阶导数路径之间的各残留偏移进行有效检测而变得失控相

比，将它们绑定起来可能更有益。

在不脱离本发明的范围的情况下可以对所述系统和方法进行修改、添加或省略。可以根据具体需要对所述系统和方法的组成部分进行集成或分离。此外，可以由更多、更少或其他组成部分来执行所述系统和方法的操作。

如以上结合图 11 讨论的那样，占空比失真可能会影响针对周期性或准周期性数据序列的自适应增益控制。占空比失真也可能会影响针对周期性或准周期性数据序列的偏移抵消控制。如果数据的周期是偶数个数据值，则对数据序列中的转变起支配作用的“偶”或“奇”边界值可能会由于占空比失真而严重地向“早”或“晚”相位偏离。由于该偏离，均衡器补偿可能还会例如朝增大或减小信号的增益或偏移的方向偏离，有可能使自适应增益控制和偏移控制超出可接受的操作条件。

如以上结合图 12 到 22 讨论的那样，可以选择特定模式作为滤波器模式以减小占空比失真的负面影响并在（准）周期性信号之间提供一致的结果。在特定实施例中，对于特定（准）周期性信号来说这些滤波器模式可能是专用的。如以上讨论的那样，使用特定的（准）周期性信号所专用的滤波器模式的一个缺点是它们的可应用性受到限制。例如，在其他（准）周期性信号中，这些滤波器模式可能不是大致相等地分布在偶数据序列和奇数据序列之间的，因此如果针对这些其他（准）周期性信号使用它们的话可能会导致不可接受的操作条件

使用特定（准）周期性信号所专用的滤波器模式的另一潜在缺点在于当采用重抽样技术时这些滤波器模式可能不是大致相等地分布在偶序列和奇序列之间。这里，重抽样技术是指“向量重抽样技术”，其按比裸信道速率更小的速率定期地开始进行“向量抽样”，但是每个“被重抽样的”向量表示按裸信道速率连续地对数据和边界值的一段抽样与滤波器模式相同的长度。注意，如果“重抽样”时段比滤波器模式的长度更短，则“被重抽样的”向量可以彼此交叠。当按与（准）周期性信号相谐和的周期进行重抽样时，模式会按与模式会在整个（准）周期性信号中出现的概率不同的概率而出现。

以上结合图 17 到 22 已经讨论了解决这些类型的失真的一些方法。例如，可以从静态或动态有用滤波器模式列表中顺序地、随机地或同时地选择滤波器模式并按平衡方式使用这些滤波器模式，而不是针对特定（准）周期性信号具体地选择它们。然而，存在用于减小占空比失真和/或重抽样和（准）周期性信号的负面影响的其他方法，这些方法可以作为以上讨论的滤波器模式技术的另选技术，或者可以结合以上讨论的滤波器模式技术一起使用这些方法。

图 41 是例示了根据本发明特定实施例的用于减小占空比失真的影响的示例方法 5100 的流程图。方法 5100 通过在偶数据序列（其以偶数据开始、接着是奇数据、偶数据、奇数据等等）与奇数据序列（其以奇数据开始、接着是偶数据、奇数据、偶数据等等）之间进行监测并按平衡方式采取自适应增益控制动作和/或偏移抵消动作来减小占空比失真和/或重抽样和（准）周期性信号的负面影响。可以结合在以上结合图 17 到 22 讨论的滤波器模式技术一起使用方法 5100，或者方法 5100 可以作为这些滤波器模式技术的另选技术。

方法 5100 在步骤 5110 处开始。在步骤 5110 处，逻辑（例如，接收器逻辑 47）接收依次包括偶数据和奇数据的到来的信号。在特定实施例中到来的信号可以是（准）周期性信号。针对要采取控制动作的条件，该逻辑对以偶数据开始的偶数据序列（而不是以奇数据开始的奇数据序列）进行监测。在特定实施例中，该逻辑可以利用一个或更多个滤波器模式对以偶数据开始的偶数据序列进行监测。应当指出的是，尽管在方法 5100 中首先对偶数据序列进行监测，但是在另选实施例中可以首先对奇数据序列进行监测。

在步骤 5120 处，对是否已检测到要采取控制动作的条件进行确定。作为另一种选择，可以对是否已检测到对应于某个滤波器模式的特定数据模式进行确定。如果尚未检测到该条件，则方法 5100 返回到步骤 5110，然后该逻辑继续针对该条件对以偶数据开始的偶数据序列进行监测。如果已检测到该条件，则方法 5100 进行到步骤 5130。在步骤 5130 处，采取第一控制动作。该第一控制动作可以是自适应增益控制动作和/或偏移

抵消动作。第一控制动作可以例如基于如以上结合图 5 到 10、24 到 29 以及 31 到 40 描述的抽样边界值和/或一个或更多个数据值，或者可以采用诸如包括最小均方（LMS）算法、符号－符号最小均方（SS-LMS）算法以及迫零（ZF）算法在内的常规自适应控制算法的其他合适的技术。

在采取了第一控制动作之后，方法 5100 进行到步骤 5140。在步骤 5140 处，针对要采取控制动作的条件，该逻辑对以奇数据开始的奇数据序列（而不是以偶数据开始的偶数据序列）进行监测。在特定实施例中，该逻辑可以利用一个或更多个滤波器模式对以奇数据开始的奇数据序列进行监测。在步骤 5150 处，对是否已检测到要采取控制动作的条件进行确定。作为另一种选择，可以对是否已检测到对应于某个滤波器模式的特定数据模式进行确定。如果尚未检测到该条件，则方法 5100 返回到步骤 5140，然后该逻辑继续针对该条件对以奇数据开始的奇数据序列进行监测。如果已检测到该条件，则方法 5100 进行到步骤 5160。在步骤 5160 处，采取第二控制动作。该第二控制动作可以是自适应增益控制动作和/或偏移抵消动作。第二控制动作可以例如基于如以上结合图 5 到 10、24 到 29 以及 31 到 40 描述的抽样边界值和/或一个或更多个数据值，或者可以采用诸如包括最小均方（LMS）算法、符号－符号最小均方（SS-LMS）算法以及迫零（ZF）算法在内的常规自适应控制算法的其他合适的技术。在采取了第二控制动作之后，方法 5100 返回到步骤 5110。通过依次对偶数据序列和奇数据序列进行监测，方法 5100 使由于占空比失真而导致的“早”或“晚”相位偏离平衡，并减小占空比失真和/或重抽样（准）周期性信号的负面影响。

在特定实施例中，可以结合随机化器技术一起使用方法 5100，以避免相位锁定到（准）周期性信号的周期，从而避免其他可能的失真。随机化器技术例如包括以上讨论的方法 2300 的随机滤波器模式选择实施例和以下讨论的方法 5300 和 5400。而且，如以上讨论的那样，可以结合自适应增益控制和/或偏移抵消控制一起使用方法 5100，并且可以使用方法 5100 作为以上讨论的滤波器模式技术的另选技术或结合该滤波器模式技术一起使用方法 5100。

图 42 是例示了根据本发明特定实施例的用于减小占空比失真的影响的另一示例方法 5200 的流程图。方法 5200 在步骤 5210 处开始。在步骤 5210 处，逻辑（例如，接收器逻辑 47）接收依次包括偶数据和奇数据的到来的信号。在特定实施例中到来的信号可以是（准）周期性信号。该逻辑按相等的概率随机地选择偶数据序列（其以偶数据开始、接着是奇数据、偶数据、奇数据等等）或奇数据序列（其以奇数据开始、接着是偶数据、奇数据、偶数据等等）以进行监测。在特定实施例中，该逻辑例如可以生成一位随机数（例如“1”或“0”）并基于该随机数的值选择偶数据序列或奇数据序列。

在步骤 5220 处，对已选择了偶数据序列还是奇数据序列进行确定。例如，可以基于所生成的随机数的值来进行该确定。如果确定已选择了偶数据序列，则方法 5200 进行到步骤 5230。如果确定已选择了奇数据序列，则方法 5200 进行到步骤 5260。

如果确定已选择了偶数据序列，则在步骤 5230 处该逻辑针对要采取控制动作的条件对在接收到的偶数据开始的偶数据序列（而不是在接收到的奇数据开始的奇数据序列）进行监测。在特定实施例中，该逻辑可以利用一个或更多个滤波器模式对以偶数据开始的偶数据序列进行监测。

在步骤 5240 处，对是否已检测到要采取控制动作的条件进行确定。作为另一种选择，可以对是否已检测到对应于某个滤波器模式的特定数据模式进行确定。如果尚未检测到该条件，则方法 5200 返回到步骤 5230，然后该逻辑继续针对该条件对以偶数据开始的偶数据序列进行监测。如果已检测到该条件，则方法 5200 进行到步骤 5250。在步骤 5250 处，采取控制动作。该控制动作可以是自适应增益控制动作和/或偏移抵消动作。该控制动作可以例如基于如以上结合图 5 到 10、24 到 29 以及 31 到 40 描述的抽样边界值和/或一个或更多个数据值，或者可以采用诸如包括最小均方（LMS）算法、符号－符号最小均方（SS-LMS）算法以及迫零（ZF）算法在内的常规自适应控制算法的其他合适的技术。在采取了控制动作之后，方法 5200 返回到步骤 5210。

如果在步骤 5220 处选择了奇数据序列，则方法 5200 进行到步骤 5260。在步骤 5260 处，该逻辑针对要采取控制动作的条件对以奇数据开始的奇数据序列（而不是以偶数据开始的偶数据序列）进行监测。在特定实施例中，该逻辑可以利用一个或更多个滤波器模式对以奇数据开始的奇数据序列进行监测。

在步骤 5270 处，对是否已检测到要采取控制动作的条件进行确定。作为另一种选择，可以对是否已检测到对应于某个滤波器模式的特定数据模式进行确定。如果尚未检测到该条件，则方法 5200 返回到步骤 5260，然后该逻辑继续针对该条件对以奇数据开始的奇数据序列进行监测。如果已检测到该条件，则方法 5200 进行到步骤 5280。在步骤 5280 处，采取控制动作。该控制动作可以是自适应增益控制动作和/或偏移抵消动作。该控制动作可以例如基于如以上结合图 5 到 10、24 到 29 以及 31 到 40 描述的抽样边界值和/或一个或更多个数据值，或者可以采用诸如包括最小均方（LMS）算法、符号一符号最小均方（SS-LMS）算法以及迫零（ZF）算法在内的常规自适应控制算法的其他合适的技术。在采取了控制动作之后，方法 5200 返回到步骤 5210。

通过按相等的概率以随机方式选择以偶数据或奇数据开始的数据序列中的一个，方法 5200 可以使由于占空比失真而导致的“早”或“晚”相位偏离变平衡，并且（尤其是在长期情况下）减小占空比失真和/或重抽样及（准）周期性信号的负面影响。然而，在短期情况下，方法 5200 在减小占空比失真和/或重抽样和（准）周期性信号的负面影响的方面不如方法 5100 有效（例如，因为采用方法 5200 可能连续地随机选择到同一偶数据序列或奇数据序列）。然而，方法 5200 胜过方法 5100 的优点在于方法 5200 对数据序列的随机选择避免了相位锁定到（准）周期性信号的周期，从而减小了其他可能的失真。应当指出的是，可以结合自适应增益控制和/或偏移抵消控制一起使用方法 5200。此外，可以使用方法 5200 作为以上讨论的滤波器模式技术的另选技术，或者结合这些滤波器模式技术一起使用方法 5200。

应当指出的是，除了基于如以上结合图 5 到 10、24 到 29 以及 31 到

40 描述的抽样边界值和/或一个或更多个数据值的自适应增益控制和/或偏移抵消控制以外，还可以将方法 5100 和 5200 应用于利用抽样器输出的任何其他合适的控制系统，以减小占空比失真和/或重抽样和（准）周期性信号的负面影响。例如，在特定实施例中，可以将这些方法应用于基于诸如最小均方（LMS）算法、符号－符号最小均方（SS-LMS）算法以及迫零（ZF）算法的常规算法的常规自适应均衡器控制。在特定实施例中，还可以将这些方法应用于基于抽样器输出来调节针对抽样器的恢复时钟的时钟和数据恢复（CDR）系统。

在不脱离本发明的范围的情况下可以对所述系统和方法进行修改、添加或省略。可以根据具体需要对所述系统和方法的组成部分进行集成或分离。此外，可以由更多、更少或其他组成部分来执行所述系统和方法的操作。

如以上讨论的那样，重抽样技术是指“向量重抽样技术”，其按比裸信道速率更小的速率定期地开始进行“向量抽样”，但是每个“被重抽样的”向量表示按裸信道速率连续地抽样的一段数据和边界值，该段的长度与滤波器模式的长度相同。由于重抽样周期可能锁定于正在被重抽样的（准）周期性信号的周期，因此在重抽样出的数据中观察到的数据模式可能与整个（准）周期性信号中的数据模式不同。例如，如果按 1/32 的速率对周期为 320 位的周期性信号执行重抽样，那么将在每个周期中在相同的 10 个点处对该周期性信号重复地进行重抽样，而永远不会在其他 310 个点处进行重抽样。只在（准）周期性信号中的全部点中的一部分点处进行抽样可能使均衡器执行的控制动作变偏斜。

抗衡重抽样周期与（准）周期性信号的周期之间发生锁定的一个解决方案是在每个重抽样周期中改变对（准）周期性信号进行重抽样的点。例如，如果按 1/32 的速率执行重抽样，则重抽样周期是 32 位因而在每个重抽样周期中存在对（准）周期性信号进行重抽样的 32 个可能的点。可以对发生重抽样的点进行选择以使其随每个 32 位重抽样周期而变化。

应当指出的是，在重抽样周期中进行的重抽样可以包括例如在该周期中的特定点之前、之后或周围的多个数据位进行抽样的处理。例如，

如果采用 1/32 的重抽样速率并且重抽样处理包括对 6 个位进行重抽样，则可以在每个 32 位周期中在特定点之前、之后或周围抽样 6 个位。以下结合图 43 到 45 对用于在每个重抽样周期中改变发生重抽样的点的示例方法。

抗衡重抽样周期与（准）周期性信号的周期之间发生锁定的另选解决方案是在不局限于已设定的重抽样周期的情况下随机选择对（准）周期性信号进行重抽样的下一个点。例如，在随机地选择并抽样出了第一点之后，随机地选择并抽样下一点，该点并不一定被限制在重抽样周期内，依此类推。在特定实施例中，可以使用伪随机数发生器，并且可以按任何合适的方式对该伪随机数发生器进行加权，使得产生平均重抽样速率。例如，在特定实施例中，可以对该伪随机数发生器设定上限，使得下一随机选中的点不会超出从前一点起的某个位数。在这种实施例中，该上限可以起到限定平均重抽样速率的作用。在另选实施例中，可以在各种约束下选择下一点，使得重抽样速率总是小于某个最大重抽样速率。

抗衡重抽样周期与（准）周期性信号的周期之间发生锁定的再一另选解决方案是基于针对各抽样点生成的随机数按某个固定或可变概率随机地采取控制动作，而不是随机选择重抽样点或重抽样循环的重抽样周期。在特定实施例中，可以使用伪随机数发生器，并且仅当所生成的伪随机数落在某个范围内时才采用抽样。采取控制动作的概率可以是固定或可变的。在特定实施例中，一旦采用了抽样，则可以在某个时段中或在某个时间点之前将可变概率设定为零，以将最大重抽样速率限制为小于某个值。在其他实施例中，当不采用抽样时，可以随时间的经过逐渐增大可变概率，并且一旦执行了控制动作就将可变概率复位到零或固定到小的数值，以将平均抽样速率和/或最小抽样速率限制为大于某个值。

图 43 是例示了根据本发明特定实施例的用于在每个重抽样循环中改变发生重抽样的点的示例方法 5300 的流程图。方法 5300 通过针对各重抽样循环随机地（通常按相等的概率）选择重抽样点来改变该点。方法 5300 在步骤 5310 处开始，在该步骤处针对重抽样循环随机地选择重抽样点。可以例如使用伪随机数发生器随机地选择该重抽样点。如果例

如按 1/32 的速率执行重抽样，则该随机选择的重抽样点可以是在该重抽样循环中的 32 个点中的任何一个。

在步骤 5320 处，在所选中的重抽样点处对信号进行抽样。如以上讨论的那样，在选中的重抽样点处进行抽样的处理可以包括对在所选中的点之前、之后或周围的多个数据位进行抽样的处理。例如，在特定实施例中，可以抽样 6 个位，并且第一个位可以对应于所选中的点。应当指出的是，在所选中的重抽样点处进行的抽样可以也可以不使控制动作生效。例如，如果在该抽样中出现了转变，则可以使控制动作生效，而如果在该抽样中未出现转变，则可以不使控制动作生效。作为另一示例，在使用了滤波器模式的特定实施例中，如果在该抽样中未观察到合适的滤波器模式，则可以不采取控制动作。如果在该抽样中观察到某个滤波器模式，则可以采取控制动作。在循环中的选中的重抽样点处对信号进行了抽样之后，方法 5300 返回到步骤 5310，并针对下一循环随机选择新的重抽样点。按该方式，可以避免重抽样周期与（准）周期性信号的周期发生任何锁定。

图 44 是例示了根据本发明特定实施例的用于在每个重抽样循环中改变发生重抽样的点的另一示例方法 5400 的流程图。针对接在采取了控制动作的重抽样循环之后的重抽样循环，方法 5400 通过通常按相等的概率随机地选择重抽样点来改变重抽样点。方法 5400 在步骤 5410 处开始，在该步骤处针对重抽样循环随机地选择重抽样点。可以例如使用伪随机数发生器随机地选择该重抽样点。如果例如按 1/32 的速率执行重抽样，则该随机选择的重抽样点可以是在该重抽样循环中的 32 个点中的任何一个。

在步骤 5420 处，在所选中的重抽样点处对信号进行抽样。如以上讨论的那样，在选中的重抽样点处进行抽样的处理可以包括对在所选中的点之前、之后或周围的多个数据位进行抽样的处理。在所选中的重抽样点处进行的抽样可以也可以不使控制动作生效。例如，如果在该抽样中出现了转变，则可以使控制动作生效，而如果在该抽样中未出现转变，则可以不使控制动作生效。作为另一示例，在使用了滤波器模式的特定

实施例中，如果在该抽样中未观察到合适的滤波器模式，则可以不采取控制动作。如果在该抽样中观察到某个滤波器模式，则可以采取控制动作。

在步骤 5430 处，对是否已采取控制动作进行确定。若否，则方法 5400 返回到步骤 5420，并在下一循环中的所选中的重抽样点处对信号进行抽样。如果在步骤 5430 处确定出已采取控制动作（在第一个或随后的重抽样循环中），则方法 5400 返回到步骤 5410，并随机地选择新的重抽样点。按该方式，可以避免重抽样周期与（准）周期性信号的周期发生任何锁定。

应当指出的是，在特定实施例中，对于增益控制与偏移抵消，可以按不同的次数采取控制动作。按不同的次数采取控制动作会导致为增益控制和偏移抵消选择重抽样点的速率不同。在特定实施例中，当调节了增益或偏移时，可以针对增益控制和偏移抵消对选中的重抽样点进行重新设置。

图 45 是例示了根据本发明特定实施例的用于在每个重抽样循环中改变发生重抽样的点的再一示例方法 5500 的流程图。针对接在采取了控制动作的重抽样循环之后的重抽样循环，方法 5500 通过顺序地循环穿过整个重抽样点列表来改变重抽样点。方法 5500 在步骤 5510 处开始，在该步骤处针对重抽样循环选择该列表中的下一重抽样点。注意，该重抽样点列表不一定是按顺序的。例如，如果按 1/32 的速率执行重抽样并且前一重抽样点位于该重抽样循环中的第 13 个点处，则在步骤 5510 处可以在该重抽样循环中的第 4 个点处选择下一重抽样点。

在步骤 5520 处，在所选中的重抽样点处对信号进行抽样。如以上讨论的那样，在选中的重抽样点处进行抽样可以包括对在所选中的点之前、之后或周围的多个数据位进行抽样的处理。在所选中的重抽样点处进行的抽样可以也可以不使控制动作生效。例如，如果在该抽样中出现了转变，则可以使控制动作生效，而如果在该抽样中未出现转变，则可以不使控制动作生效。作为另一示例，在使用了滤波器模式的特定实施例中，如果在该抽样中未观察到合适的滤波器模式，则可以不采取控制动作。

如果在该抽样中观察到某个滤波器模式，则可以采取控制动作。

在步骤5530处，对是否已采取了控制动作进行确定。若否，则方法5500返回到步骤5520，并在下一循环中的所选中的重抽样点处对信号进行抽样。如果在步骤5530处确定出已采取了控制动作（在第一个或随后的重抽样循环中），则方法5500返回到步骤5510，并选择下一重抽样点。对整个重抽样点列表进行的循环可能引入另一层次的锁定：遍历该重抽样列表的整个周期与（准）周期性信号的周期之间发生锁定。然而，由于遍历该列表的整个周期比重抽样周期长得多，因此可以有效地降低重抽样处理与（准）周期性信号的周期之间发生锁定的可能性。

应当指出的是，在特定实施例中，对于增益控制与偏移抵消，可以按不同的次数采取控制动作。按不同的次数采取控制动作会导致为增益控制和偏移抵消选择重抽样点的速率不同。在特定实施例中，当调节了增益或偏移时，可以针对增益控制和偏移抵消两者对选中的重抽样点进行重新设置。

还应当指出的是，方法5100包括方法5500（其中按1/2的速率执行重抽样）的特定实施例，并且方法5200包括方法5400（其中按1/2的速率执行重抽样）的特定实施例。

还应当指出的是，在特定实施例中，可以按各种形式将方法5300、5400以及5500组合起来。例如，如果按1/32的速率执行重抽样，则可以将32个可能的重抽样点分层级地分成8个组（每个组有4个重抽样点）。在特定实施例中，可以采用方法5300来选择重抽样点的8个可能的组中的一个，并采用方法5400来选择各组中的4个可能的重抽样点中的一个。

还应当指出的是，除了基于如以上结合图5到10、24到29以及31到40描述的抽样边界值和/或一个或更多个数据值的自适应增益控制动作和/或偏移抵消控制以外，在特定实施例中，可以将方法5300、5400以及5500应用于利用抽样器输出的任何其他合适的控制系统，以防止或减轻重抽样处理与（准）周期性信号之间的锁定关系。例如，在特定实施例中，可以将这些方法应用于基于诸如最小均方（LMS）算法、符号－符号最小均方（SS-LMS）算法以及迫零（ZF）算法的常规算法的常规

自适应均衡器控制。在特定实施例中，还可以将这些方法应用于基于抽样器输出来调节针对抽样器的恢复时钟的时钟和数据恢复（CDR）系统。

在不脱离本发明的范围的情况下可以对所述系统和方法进行修改、添加或省略。可以根据具体需要对所述系统和方法的组成部分进行集成或分离。此外，可以由更多、更少或其他组成部分来执行所述系统和方法的操作。

如以上讨论的那样，均衡器可以同时利用两个或更多个控制回路以使信号均衡。例如，均衡器可以利用自适应均衡器控制来调节增益并减小残留的符号间干扰。均衡器还可以同时使用偏移抵消器来调节偏移并抵消残留偏移。

同时采用多个控制环路会引起的一个挑战是在该多个控制环路之间的可能发生的耦合。多个控制环路之间的耦合可能会使收敛时间延迟或者甚至使控制环路不稳定。例如，如果增益是最优的但是残留偏移是欠最优的，则边界值有可能向高值或低值偏离（例如，如果残留偏移是正的，则为高值，而如果残留偏移是负的，则为低值）。均衡器增益控制可能将偏离的边界值和/或其他信息误解成过补偿或欠补偿情况。如果针对均衡器增益控制的高数据值和低数据值的计数是不平衡的，则对过补偿或欠补偿情况的误解也是不平衡的，使均衡器增益从最优向欠最优转移。按类似的方式，如果增益是欠最优的，则残留偏移会从最优向欠最优转移。

在特定实施例中，通过使多个控制环路彼此不敏感，可以将这些环路解耦。例如，可以使自适应均衡器控制对残留偏移不敏感，并且可以使偏移抵消器对残留的符号间干扰不敏感。为了使自适应均衡器控制与偏移抵消器相互不敏感，在特定实施例中，自适应均衡器控制和偏移抵消器可以按不平衡的方式使用两组互补数据模式。互补数据模式可以例如包括在数据模式中的特定位处具有不同值的数据值（例如，“0”或“1”）的那些模式。

例如，在控制动作是基于对包括转变的连续数据值之间的边界值与该边界值之前 1.5 个位的数据值的比较的情况下，自适应均衡器控制和偏

移抵消器可以使在该边界值之前 1.5 个位的数据值高或低时采取的控制动作的数量变平衡。在特定实施例中，自适应均衡器控制和偏移抵消器可以通过以下处理来这样做：交替地使用在滤波器模式中具有紧接在包括转变的数据值之前的高数据值或低数据值的滤波器模式。按该方式，可以使自适应均衡器控制变得对残留偏移不敏感（或较不敏感），并且可以使偏移抵消器变得对残留符号间干扰不敏感（或较不敏感），从而将多个控制环路解耦。以下结合图 46 和 47 进一步描述将多个控制环路解耦的特定实施例。

图 46 是例示了根据本发明特定实施例的用于将多个控制环路解耦的示例方法 5600 的流程图。方法 5600 可以例如通过按平衡方式使用两组互补数据模式将自适应均衡控制器与偏移抵消器解耦。方法 5600 可以通过在以下两个处理之间进行交替来按平衡方式使用两组互补数据模式：针对一个组对到来的信号进行监视并基于这一个组采取控制动作；以及接着针对另一组对到来的信号进行监视并基于该另一组采取控制动作。其中，例如，控制动作基于对包括转变的连续数据值之间的边界值与该边界值之前 1.5 个位的数据值的比较，第一组数据模式可以包括在该边界值之前 1.5 个位具有高数据值的那些数据模式（即，带有紧接在包括所述转变的数据值之前的高数据值的那些数据模式），第二组数据模式可以包括在该边界值之前 1.5 个位具有低数据值的那些数据模式（反之亦然）。

方法 5600 在步骤 5610 处开始。在该步骤处，逻辑（例如，接收器逻辑 47）针对第一组数据模式对到来的信号进行监测。例如，该逻辑可以针对包括转变的连续数据值（其中紧接在该连续数据值之前的数据值包括低值）对到来的信号进行监测。在特定实施例中，该逻辑可以使用滤波器模式来进行这种监测。合适的滤波器模式例如可以包括以上结合图 6、8、10、14、16、32、34、36、38 以及 40 例示和描述的特定模式。在步骤 5620 处，如果检测到第一组数据模式中的数据模式，则方法 5600 进行到步骤 5630。如果未检测到第一组数据模式中的数据模式，则方法 5600 返回到步骤 5610，然后该逻辑继续针对第一组数据模式对到来的信

号进行监测。

在步骤 5630 处，在检测到第一组数据模式中的数据模式之后，采取合适的控制动作。在特定实施例中，该控制动作可以例如基于对包括转变的连续数据值之间的边界值与该边界值之前 1.5 个位的数据值的比较。该控制动作可以是自适应均衡器动作和/或偏移抵消动作。在特定实施例中该控制动作还可以基于常规自适应控制算法。在采取了控制动作之后，方法 5600 进行到步骤 5640。

在步骤 5640 处，该逻辑针对第二组数据模式对到来的信号进行监测。例如，该逻辑可以针对包括转变的连续数据值（其中紧接在该连续数据值之前的数据值包括高值）对到来的信号进行监测。在特定实施例中，该逻辑可以使用滤波器模式来进行这种监测。合适的滤波器模式例如可以包括以上结合图 6、8、10、14、16、32、34、36、38 以及 40 例示和描述的特定模式。在步骤 5650 处，如果检测到第二组数据模式中的数据模式，则方法 5600 进行到步骤 5660。如果未检测到第二组数据模式中的数据模式，则方法 5600 返回到步骤 5640，然后该逻辑继续针对第二组数据模式对到来的信号进行监测。

在步骤 5660 处，在检测到第二组数据模式中的数据模式之后，采取合适的控制动作。在特定实施例中，该控制动作可以例如基于对包括转变的连续数据值之间的边界值与该边界值之前 1.5 个位的数据值的比较。该控制动作可以是自适应均衡器动作和/或偏移抵消动作。在特定实施例中该控制动作还可以基于常规自适应控制算法。在采取了控制动作之后，方法 5600 返回到步骤 5610。通过按平衡方式使用两组互补数据模式，方法 5600 可以将自适应均衡器控制与偏移抵消器解耦。应当指出的是，为了避免使用两组数据模式的交替循环与（准）周期性信号的周期发生锁定，可以同时使用随机化平衡器（例如，见以上方法 5300 到 5400）。

图 47 是例示了根据本发明特定实施例的用于将多个控制环路解耦的另一示例方法 5700 的流程图。方法 5700 可以例如通过按平衡方式使用两组互补数据模式将自适应均衡控制与偏移抵消器解耦。方法 5700 可以通过在以下处理而按平衡方式使用这两组互补数据模式：按相等的概

率随机地选择所述两个组中的一组，针对所选中的组对到来的信号进行监视，基于所选中的组采取控制动作，接着再按相等的概率随机地选择所述两个组中的一组。其中，例如，控制动作是基于对包括转变的连续数据值之间的边界值与该边界值之前 1.5 个位的数据值的比较，第一组数据模式可以包括在该边界值之前 1.5 个位具有高数据值的那些数据模式（即，带有紧接在包括转变的数据值之前的高数据值的那些数据模式），第二组数据模式可以包括在该边界值之前 1.5 个位具有低数据值的那些数据模式（反之亦然）。

方法 5700 在步骤 5710 处开始，在该步骤处，逻辑（例如，接收器逻辑 47）通常按相等的概率选择两组互补数据模式中的一个。该逻辑可以例如通过使用伪随机数发生器并将所生成的多个数中的一个与一个组相关联并将所生成的多个数中的另一个与另一个组相关联，来随机地选择这两个组中的一个。在选择了这两组互补数据模式中的一个之后，方法 5700 进行到步骤 5720。

在步骤 5720 处，如果所选中的数据模式组是第一组（例如，包括紧接在包括转变的数据值之前的低数据值的数据模式），则方法 5700 进行到步骤 5730。如果所选中的数据模式组是第二组（例如，包括紧接在包括转变的数据值之前的高数据值的数据模式），则方法 5700 进行到步骤 5760。

在步骤 5730 处，该逻辑针对第一组数据模式对到来的信号进行监测。例如，该逻辑可以针对包括转变的连续数据值（其中紧接在该连续数据值之前的数据值包括低值）对到来的信号进行监测。在特定实施例中，该逻辑可以使用滤波器模式来进行这种监测。合适的滤波器模式例如可以包括以上结合图 6、8、10、14、16、32、34、36、38 以及 40 例示和描述的特定模式。

在步骤 5740 处，如果检测到第一组数据模式中的数据模式，则方法 5700 进行到步骤 5750。如果未检测到第一组数据模式中的数据模式，则方法 5700 返回到步骤 5730，然后该逻辑继续针对第一组数据模式对到来的信号进行监测。在步骤 5750 处，在检测到第一组数据模式中的数据模

式之后，采取合适的控制动作。在特定实施例中，该控制动作可以例如基于对包括转变的连续数据值之间的边界值与该边界值之前 1.5 个位的数据值的比较。该控制动作可以是自适应均衡器动作和/或偏移抵消动作。在特定实施例中，该控制动作还可以基于常规自适应控制算法。在采取了控制动作之后，方法 5700 返回到步骤 5710，并随机地选择两组互补数据模式中的一组。

如果在步骤 5710 和 5720 处所选中的数据模式组是第二组（例如，包括紧接在包括所述转变的数据值之前的高数据值的数据模式），则方法 5700 进行到步骤 5760。在步骤 5760 处，该逻辑针对第二组数据模式对到来的信号进行监测。例如，该逻辑可以针对包括转变的连续数据值（其中紧接在该连续数据值之前的数据值包括高值）对到来的信号进行监测。在特定实施例中，均衡器可以使用滤波器模式来进行这种监测。合适的滤波器模式例如可以包括以上结合图 6、8、10、14、16、32、34、36、38 以及 40 例示和描述的特定模式。

在步骤 5770 处，如果检测到第二组数据模式中的数据模式，则方法 5700 进行到步骤 5780。如果未检测到第二组数据模式中的数据模式，则方法 5700 返回到步骤 5760，然后继续针对第二组数据模式对到来的信号进行监测。在步骤 5780 处，在检测到第二组数据模式中的数据模式之后，采取合适的控制动作。在特定实施例中，该控制动作可以例如基于对包括转变的连续数据值之间的边界值与该边界值之前 1.5 个位的数据值的比较。该控制动作可以是自适应均衡器动作和/或偏移抵消动作。在采取了控制动作之后，方法 5700 返回到步骤 5710，并随机地选择两个互补数据模式中的一个。通过按平衡方式使用两组互补数据模式，方法 5700 可以将自适应均衡器控制与偏移抵消器解耦。

在不脱离本发明的范围的情况下可以对所述系统和方法进行修改、添加或省略。可以根据具体需要对所述系统和方法的组成部分进行集成或分立。此外，可以由更多、更少或其他组成部分来执行所述系统和方法的操作。

如以上讨论的那样，逻辑（例如接收器逻辑 47）可以在检测到特定

数据和边界值之后调节对到来的信号施加的增益和/或偏移。在特定实施例中，可以按照起停式控制方案来施加增益和/或偏移。

在起停式控制方案中，基于取两个状态“高”或“低”中的一个的二元目标变量（例如，以上描述中的二元形式 ISI 程度、EQ 程度、或残留偏移，或自动增益控制（AGC）系统中的二元形式的残留振幅误差）（其中可能由于控制变量的“高”值而导致该目标变量的“高”状态，并且可能由于控制变量的“低”值而导致该目标变量的“低”状态）来调节控制变量（例如，增益或偏移）。在这种情况下，如果目标变量表示“高”状态，则可以减小控制变量，而如果目标变量表示“低”状态，则可以增大控制变量。

在常规起停式控制系统（例如自动增益控制（AGC）系统）中，按对称方式对控制变量（例如放大器增益）进行更新，使得控制变量的增大具有与控制变量的减小相同的量值，这是因为二元目标变量（例如二元形式的残留振幅误差）只携带定性信息。因此，当对控制变量施加相同数量的增大和减小时，控制变量会在平均上保持在相同的水平，并且控制系统会达到平衡状态。应当指出的是，如果（按与以上结合图 6 描述的 ISI 水平相同的方式）对二元目标变量分配数值（例如，与“高”和“低”状态相对应的“+1”和“-1”），则在常规起停式控制系统中在平衡状态下该二元目标变量的平均值会收敛到零。

在特定系统（例如 AGC 系统）中在平衡状态下具有零平均值的二元目标变量可能是所希望的。例如，如果二元目标变量（例如二元形式的残留振幅误差）是根据直接将模拟目标变量（例如放大器输出振幅）与控制目标（例如振幅的目标水平）进行比较的比较器的输出而推导出来的，则该二元目标变量在平衡状态下的最优平均值可能自然就是零，因为当模拟目标变量最接近于控制目标时期望该比较器会生成相同数量的“+1”和“-1”输出。在常规起停式控制方案的应用中这种情况是相当普遍的，因此，常规起停式控制方案简单地利用对控制变量的对称更新。

另一方面，在特定系统中在平衡状态下具有零平均值的二元目标变量可能不一定是最优的。例如，以上结合图 6 描述的 ISI 程度的最优平均

值可能根据各种条件（例如信道损耗和到来的信号本身）而大于或小于零。在特定实施例中，最优平均ISI程度可能对于高损耗信道来说高，而对于低损耗信道来说低。而且，仅作为示例，最优平均ISI程度可能从-0.6到+0.5 变化。对于另一示例，在取决于残留偏移测量中的各种系统误差（例如边界抽样器而不是数据抽样器中的未抵消偏移）的最优条件下，以上结合图25描述的残留偏移可能在统计上倾向于正或负。因此，在特定情况下二元目标变量在平衡状态下的非零平均值可能是有用的。

在特定实施例中，通过如以下公式组中例示的那样对控制变量引入非对称更新，可以使起停式控制系统中的二元目标变量（例如ISI程度）在平衡状态下的平均值变得不等于零。然而，应当指出的是，可以针对任何合适的控制变量（例如，如果最佳残留偏移不是零，则针对偏移控制）并且在任何合适的环境（而不仅仅是所述环境）下使用非对称起停式控制方案。在以下公式中，K_p和K_n分别是增大和减小控制变量（例如均衡器增益）的控制步长值，N_p和N_n分别是在平衡状态下每单位时间对控制变量的向上和向下动作的次数，A是二元目标变量在平衡状态下的平均值。这里，假设在控制变量是“高”或“低”时二元目标变量分别取“+1”或“-1”值。应当指出的是，N_p和N_n还分别是每单位时间具有“低”和“高”状态的二元目标变量的数量。如可以观察到的那样，在长期情况下K_p与N_p之积等于K_n与N_n之积，这是因为在平衡状态下控制变量不应当变化。还应当指出的是，通过使K_p与K_n不同，可以使A不等于零。例如，在特定实施例中，当K_p是0.3并且K_n是0.2时，A可以是0.2。应当指出的是，A可以具有从-1（当$K_p = 0$并且$K_n > 0$时）到+1（当$K_p > 0$并且$K_n = 0$时）的任何值。还应当指出的是，当$K_p = K_n > 0$（这是常规起停式控制方案的情况）时A变成零。

$$K_p \times N_p - K_n \times N_n = 0$$

$$N_n \div N_p = K_p \div K_n$$

$$A = \frac{N_n - N_p}{N_n + N_p} = \frac{K_p - K_n}{K_p + K_n}$$

图 48 是例示了根据本发明特定实施例的用于生成平衡状态下的二元目标变量（例如，ISI 程度、EQ 程度或残留偏移）的特定平均值的示

例方法 5800 的流程图。该方法在步骤 5810 处开始，在该步骤处，例如使用自适应控制器 102 按任何合适的方式检查目标变量是高还是低。例如，在特定实施例中，通过对包括转变的连续数据值之间的边界值和该边界值之前 1.5 个位的数据值施加反相关函数（或相关函数）或 XOR（或 XNOR）操作，可以检查 ISI 程度是“+1”还是“-1”，或者可以检查 EQ 程度是“高”还是“低”。在另选实施例中，可以使用滤波器模式（如以上结合图 6、8、10、14 以及 16 描述的模式中的特定模式）进行检查。对于另一示例，利用以上结合图 25、27、29、32、34、36、38 以及 40 描述的表，可以检查残留偏移是“正”还是“负”。

在步骤 5820 和 5830 处基于在步骤 5810 处检查出的目标变量的高值或低值对应当增大还是减小控制变量（例如，均衡器增益）进行确定。例如，在针对均衡器增益控制的特定实施例中，如果在步骤 5810 处 ISI 程度是“-1”或 EQ 程度是“低”，则确定增大均衡器增益，然后本方法进行到步骤 5840。如果在步骤 5810 处 ISI 程度是“+1”或 EQ 程度是“高”，则确定减小均衡器增益，然后本方法进行到步骤 5850。在使用滤波器模式的另选实施例中，所检测到的特定滤波器模式可以确定将减小还是增大均衡器增益。作为另一示例，在针对均衡器偏移控制的特定实施例中，如果在步骤 5810 处残留偏移是“负”的，则确定增大均衡器偏移，然后本方法进行到步骤 5840。如果在步骤 5810 处残留偏移是“正”的，则确定减小均衡器偏移，然后本方法进行到步骤 5850。在使用滤波器模式的另选实施例中，所检测到的特定滤波器模式可以确定将减小还是增大均衡器偏移。

在步骤 5840 处，在确定要增大控制变量之后，将控制变量增大 *Kp*。例如，在针对均衡器增益控制的特定实施例中，将均衡器增益增大 *Kp*。作为另一示例，在针对均衡器偏移控制的特定实施例中，将均衡器偏移增大 *Kp*。在增大了控制变量之后，方法 5800 返回到步骤 5810。

在步骤 5850 处，在确定了要减小控制变量之后，将控制变量减小 *Kn*。例如，在针对均衡器增益控制的特定实施例中，将均衡器增益减小 *Kn*。作为另一示例，在针对均衡器偏移控制的特定实施例中，将均衡器

偏移减小 Kn。在减小了控制变量之后，方法 5800 返回到步骤 5810。

与常规起停式控制系统不同，K_p不一定等于 K_n。相反，可以利用参数 T（其为对二元目标变量在平衡状态下的控制目标）基于以下公式组使 K_p 与 K_n 不同。可以选择从-1 到+1 的任何合适的值（不一定是零）作为 T，并且在特定实施例中，T 的值可以取决于与例如位错误率相关联的各种条件并且可以对应于在这些条件下的最优目标值。在另选实施例中，T 的值可以是固定的。在特定实施例中 T 可以与 K_p 与 K_n 之间的比例或差值相关联。例如，在特定实施例中，控制目标值 T 可以包括在第二状态与第一状态下对目标变量进行检测的频率的目标比例（固定或可变的）。

在以下公式中 K 是针对控制变量的增大和减小的公共环路常数，并被定义为 K_p 和 K_n 的算术平均。如可以观察到的那样，当 $K_p = K \times (1+T)$ 并且 $K_n = K \times (1-T)$ 时，二元目标变量的平均值 A 将在平衡状态下收敛到 T。

$$K_p = K \times (1+T)$$

$$K_n = K \times (1-T)$$

$$\frac{K_p + K_n}{2} = \frac{K \times (1+T) + K \times (1-T)}{2} = \frac{2K}{2} = K$$

$$A = \frac{K_p - K_n}{K_p + K_n} = \frac{K \times (1+T) - K \times (1-T)}{K \times (1+T) + K \times (1-T)} = \frac{2KT}{2K} = T$$

通过采用不一定等于零的控制目标 T，方法 5800 可以使得二元目标变量（例如，ISI 程度、均衡程度、残留偏移或其他合适的目标变量）的平均值收敛到更合适地对应于特定条件的点。如以上讨论的那样，在特定实施例中，控制目标 T 可以是固定的。在另选实施例中，控制目标 T 可以作为特定的一个或更多个变量的函数而动态地变化。

图 49 是例示了根据本发明特定实施例的用于动态地生成针对平衡状态下二元目标变量（例如，ISI 程度）的平均值的控制目标的示例方法 5900 的流程图。如以上讨论的那样，在特定实施例中，最优平均 ISI 程度对于高损耗信道来说可能高，而对于低损耗信道来说可能低。因此，在特定实施例中，这样的二元目标变量（例如 ISI 程度或其他合适的均衡程度）的平均值的控制目标可能是有利的，该控制目标随控制变量的值（例如均衡器增益设置）而动态变化。

方法 5900 在步骤 5910 处开始，在该步骤处，使用例如自适应控制

器 102 按任何合适的方式检查目标变量是高还是低。步骤 5910 到 5950 可以与上述步骤 5810 到 5850 相同，因此不再对它们进行描述。在步骤 5940 处将控制变量增大 K_p 或在步骤 5950 处将其减小 K_n 之后，方法 5900 进行到步骤 5960。在步骤 5960 处，对控制变量（例如均衡器增益）的值进行识别。在步骤 5970 处，基于对控制变量（例如均衡器增益）的识别值来调节针对二元目标变量（例如 ISI 程度或其他合适的均衡程度）的平均值的控制目标 T 和控制步长值 K_p 和 K_n。

例如，在特定实施例中，可以将控制目标 T 调节成在固定范围内随控制变量（例如均衡器增益）而变化。仅作为示例，当控制变量的值相对高时，可以将控制目标 T 设定为+0.4，当控制变量的值相对低时，可以将控制目标 T 设定为-0.4。当控制变量的值在相对高的值与相对低的值之间时，可以将控制目标 T 为在+0.4 与-0.4 之间的内插值。按该方式，可以根据控制变量（例如均衡器增益）动态地生成 K_p 和 K_n，从而基于位错误率生成二元目标变量（例如 ISI 程度）的最优平均值。

在特定实施例中，可以利用以下公式组将控制目标 T 动态地计算为控制变量（例如均衡器增益代码）的当前值的函数：

$$T(G)=T_H\times\frac{G}{G_C}+T_L\times\frac{G_C-G}{G_C}\quad\ldots G<G_C$$

$$T(G)=\quad T_H\quad\ldots G\geq G_C$$

其中，G (例如 0 到 126)是控制变量（例如均衡器增益代码，其表示由均衡器施加的频率补偿量）的当前值。此外，T_H (例如-1.0 到+1.0)是相对高的控制变量值的 T 值，T_L (例如-1.0 到+1.0) 是相对低的控制变量值的 T 值，G_C (例如 0、1、2、4、8、16、32、64)是在这样的函数的拐角处的 G 的值，即，当 G 在该拐角的上方时该函数具有平坦的 T 值。自适应控制器（如自适应控制器 102）可以利用动态计算的 T 和（上述）环路常数 K 来生成针对 K_p 和 K_n 的更新值。在更新了 T、K_p 以及 K_n 之后，方法 5900 返回到步骤 5910。

图 50 是例示了在根据本发明特定实施例的均衡器增益控制中应用

示例控制目标公式以动态地生成针对二元目标变量在平衡状态下的平均值的示例控制目标的结果的曲线图 6000。该示例控制目标公式是以上针对 $T(G)$列出的公式。如可以观察到的那样，当均衡器增益代码的当前值 G 等于零时，控制目标 T 等于相对低的增益值 T_L。当 G 在 0 与 G_C 之间时，可以将控制目标 T 设定为 T_L 与相对高的增益值 T_H 之间的内插值。当 G 大于 G_C 时，控制目标 T 等于 T_H。应当指出的是，在另选实施例中，可以采用不同的控制目标公式，得到与曲线图 6000 中例示的不同的曲线图。还应当指出的是，尽管本讨论描述了针对平均 ISI 程度的控制目标，但是可以按其他合适的方式对均衡程度进行描述并以其为目标（而并不一定要跟踪平均 ISI 程度）。

在特定实施例中，可以将高频增益代码 G 分离到多维均衡器的两个或更多个路径（例如，以上路径 101A 到 101C）中。例如，自适应控制器 102 可以将高频增益代码 G 转换成直流路径增益代码和一阶路径增益代码。可以按任何合适的方式（如以下在图 51 和 52 中描述的那样）对高频增益代码 G 进行转换。

图 51 是例示了根据本发明特定实施例的用于将高频增益代码转换成直流路径增益代码和一阶路径增益代码的示例方案 6100 的表。方案 6100 的列 6110 包括高频增益代码 G 的值，高频增益代码 G 要被转换成直流路径增益代码和一阶路径增益代码。列 6120 包括直流路径增益代码 G_0 的值，列 6130 包括一阶路径增益代码 G_1 的值。每个行 6140 都包括高频增益代码（或高频增益代码的范围）和对应的直流路径和一阶路径增益代码。应当指出的是，在方案 6100 中，G_0MAX 是在自适应控制器 102 中的寄存器中指定的直流路径增益代码的最大值。此外，在特定实施例中一阶路径增益代码的最大值是 63。

图 52A 和 52B 是例示了根据本发明特定实施例的为了将高频增益代码转换成直流路径增益代码和一阶路径增益代码而应用图 51 的示例方案 6100 的结果的曲线图。图 52A 是例示了作为高频增益代码的函数的直流路径增益代码的曲线图 6200。图 52B 是例示了作为高频增益代码的函数的一阶路径增益代码的曲线图 6300。应当指出的是，在另选实施例中，

可以采用与方案6100不同的转换方案，得到与曲线图6200和6300所例示的曲线图不同的曲线图。

在不脱离本发明的范围的情况下可以对所述系统和方法进行修改、添加或省略。可以根据具体需要对所述系统和方法的组成部分进行集成或分离。此外，可以由更多、更少或其他组成部分来执行所述系统和方法的操作。

尽管根据几个实施例对本发明进行了描述，但是本领域的技术人员可以提出种种变化、变型、更改、变换以及修改，本发明旨在涵盖这种变化、变型、更改、变换以及修改，只要它们落在所附权利要求的范围内。例如，尽管在增益控制的语境下例示并描述了几个实施例，但是只要合适，就可以在偏移控制或任何其他合适的控制参数的语境下附加地或另选地实现另选实施例。尽管在偏移控制的语境下例示并描述了几个实施例，但是只要合适，就可以在增益控制或任何其他合适的控制参数的语境下附加地或另选地实现另选实施例。

本申请要求于2006年5月30日提交的标题为“Adaptive Equalizer”的美国临时申请35 U.S.C. § 119(e)（序列号60/803,451）的优先权。

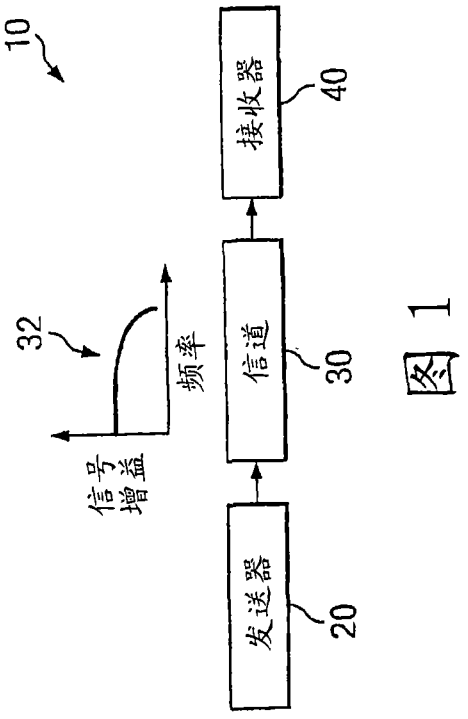

10
发送器
20
信道
30
接收器
40
信号增益
频率
32

图 1

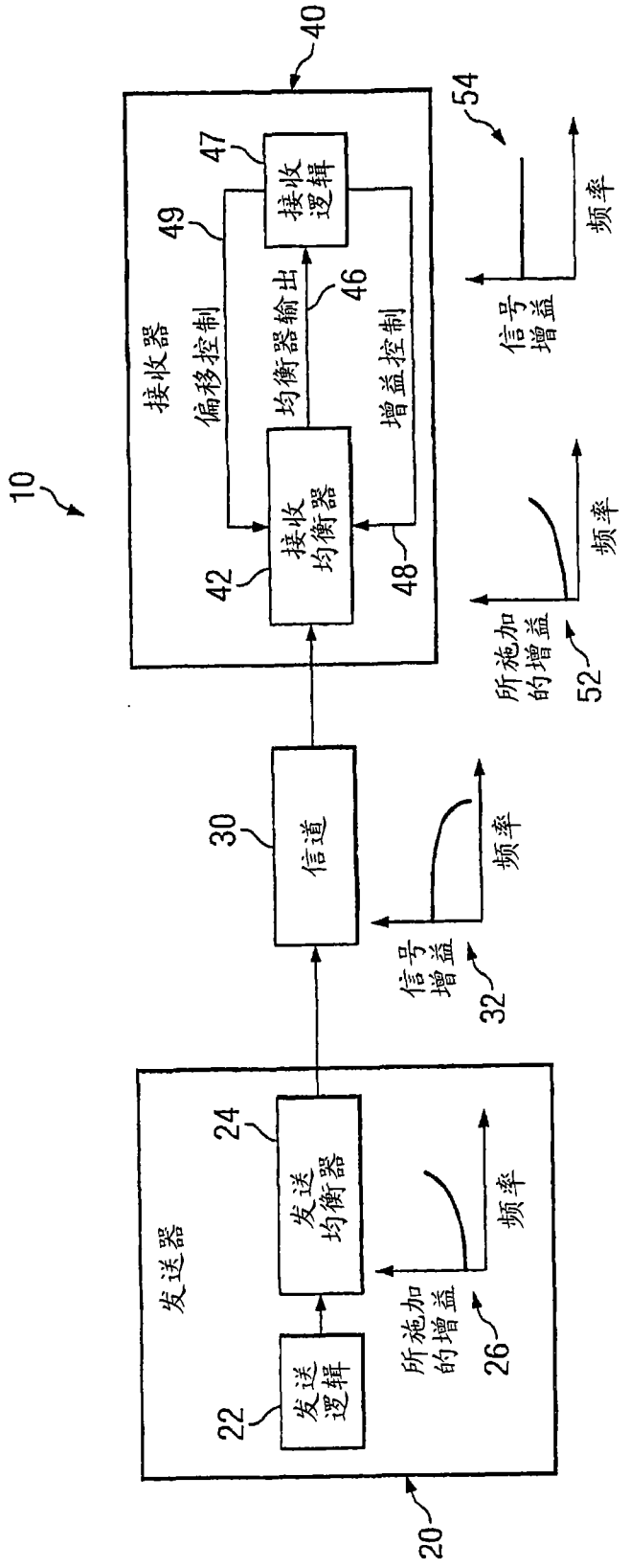

10
20
发送器
发送逻辑
22
发送均衡器
24
所施加的增益
26
频率
信道
30
信号增益
32
频率
接收器
偏移控制
均衡器输出
增益控制
接收均衡器
42
48
49
46
接收逻辑
47
40
所施加的增益
52
频率
信号增益
54
频率

图 2

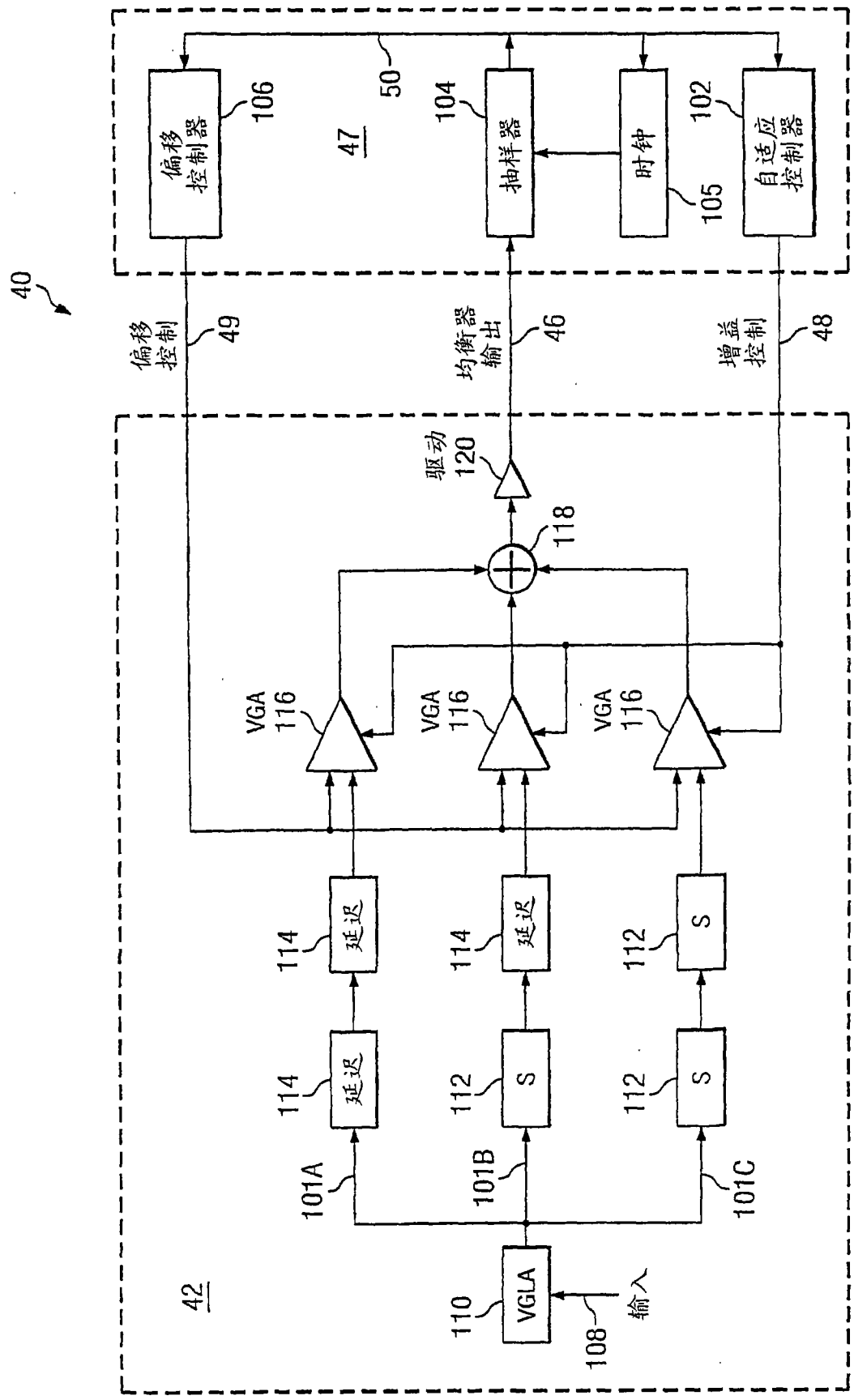

40
偏移控制器
106
47
50
104
抽样器
时钟
105
102
自适应控制器
偏移控制
49
均衡器输出
46
增益控制
48
驱动
120
118
VGA
116
VGA
116
VGA
116
114
延迟
114
延迟
112
S
114
延迟
112
S
112
S
101A
101B
101C
42
110
VGLA
108
输入

图 3

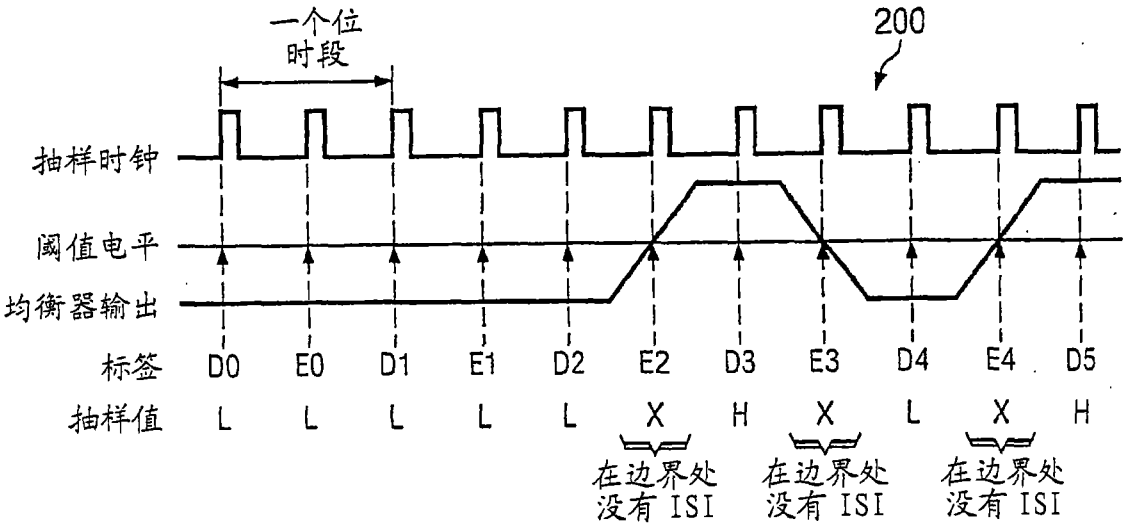

一个位
时段
200
抽样时钟
阈值电平
均衡器输出
标签 D0 E0 D1 E1 D2 E2 D3 E3 D4 E4 D5
抽样值 L L L L L X H X L X H
在边界处
没有 ISI
在边界处
没有 ISI
在边界处
没有 ISI

图 4A

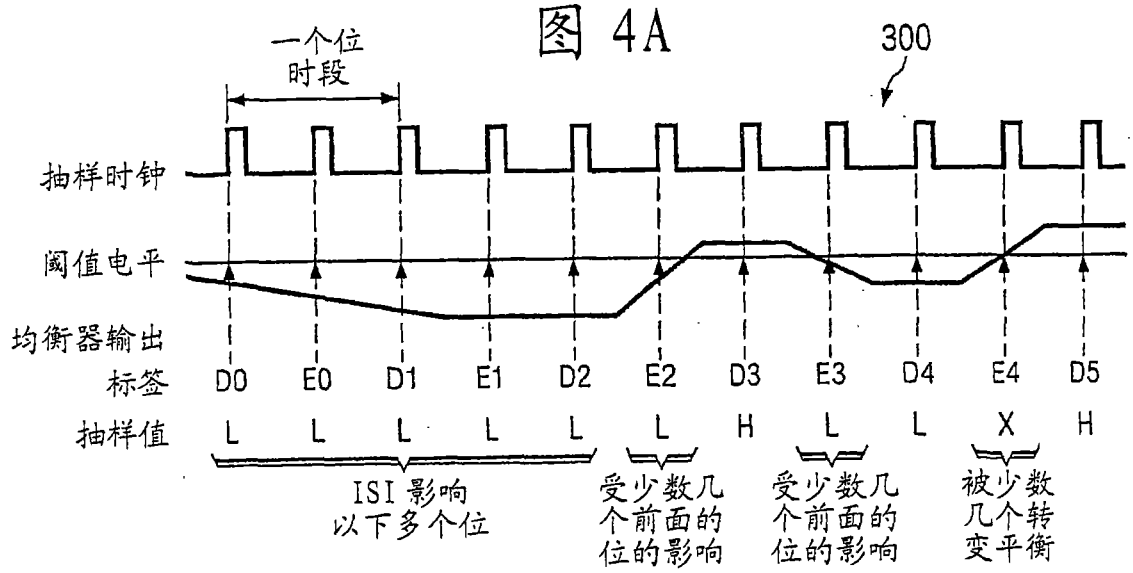

一个位
时段
300
抽样时钟
阈值电平
均衡器输出
标签 D0 E0 D1 E1 D2 E2 D3 E3 D4 E4 D5
抽样值 L L L L L L H L L X H
ISI 影响
以下多个位
受少数几
个前面的
位的影响
受少数几
个前面的
位的影响
被少数
几个转
变平衡

图 4B

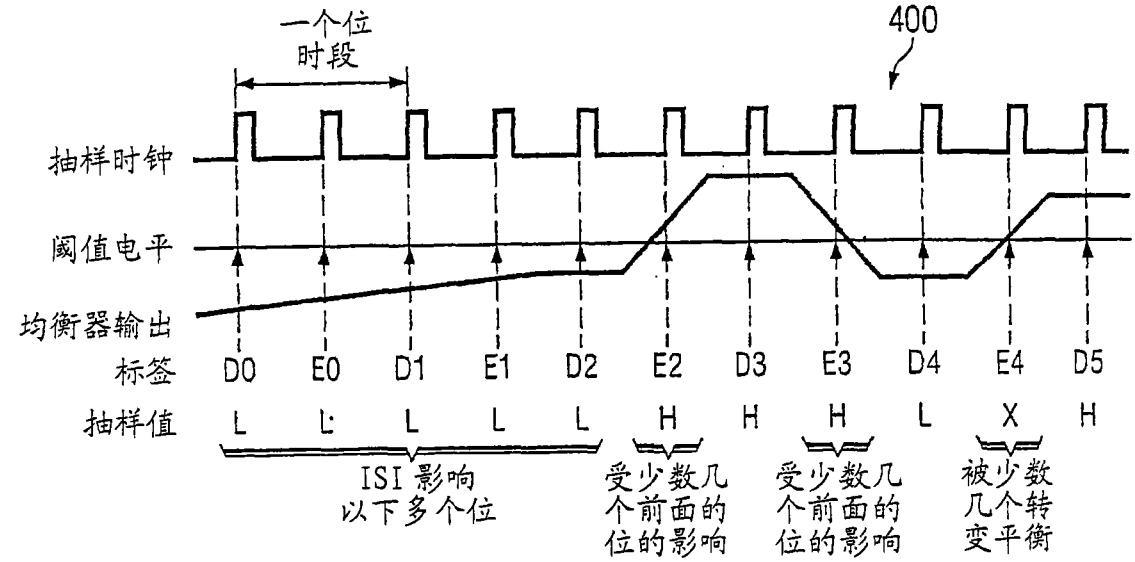

一个位
时段
400
抽样时钟
阈值电平
均衡器输出
标签 D0 E0 D1 E1 D2 E2 D3 E3 D4 E4 D5
抽样值 L L L L L H H H L X H
ISI 影响
以下多个位
受少数几
个前面的
位的影响
受少数几
个前面的
位的影响
被少数
几个转
变平衡

图 4C

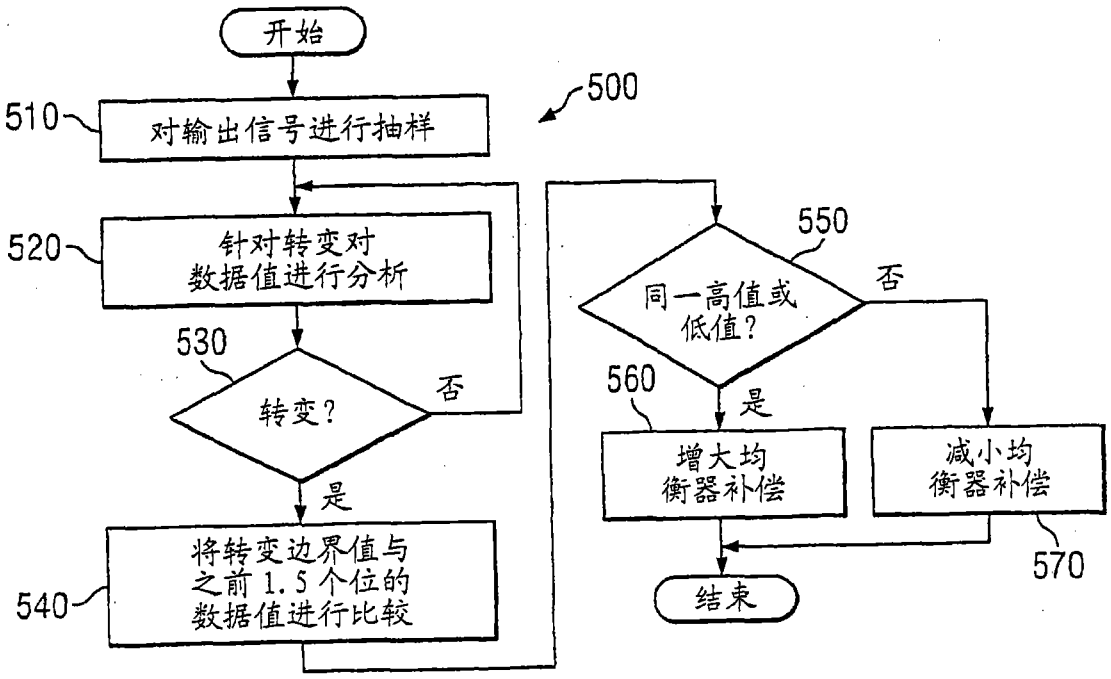


图 5

600

610				612	614	616
D1	D2	E2	D3	ISI 程度 -(v(D1) x v(E2))	均衡程度	对均衡器增益设置的动作
-1	-1	-1	+1	-1	欠补偿	增大高频抬升
-1	-1	+1	+1	+1	过补偿	减小高频抬升
+1	-1	-1	+1	+1	可能过补偿	减小高频抬升
+1	-1	+1	+1	-1	可能欠补偿	增大高频抬升
-1	+1	-1	-1	-1	可能欠补偿	增大高频抬升
-1	+1	+1	-1	+1	可能过补偿	减小高频抬升
+1	+1	-1	-1	+1	过补偿	减小高频抬升
+1	+1	+1	-1	-1	欠补偿	增大高频抬升

602 602 602

图 6

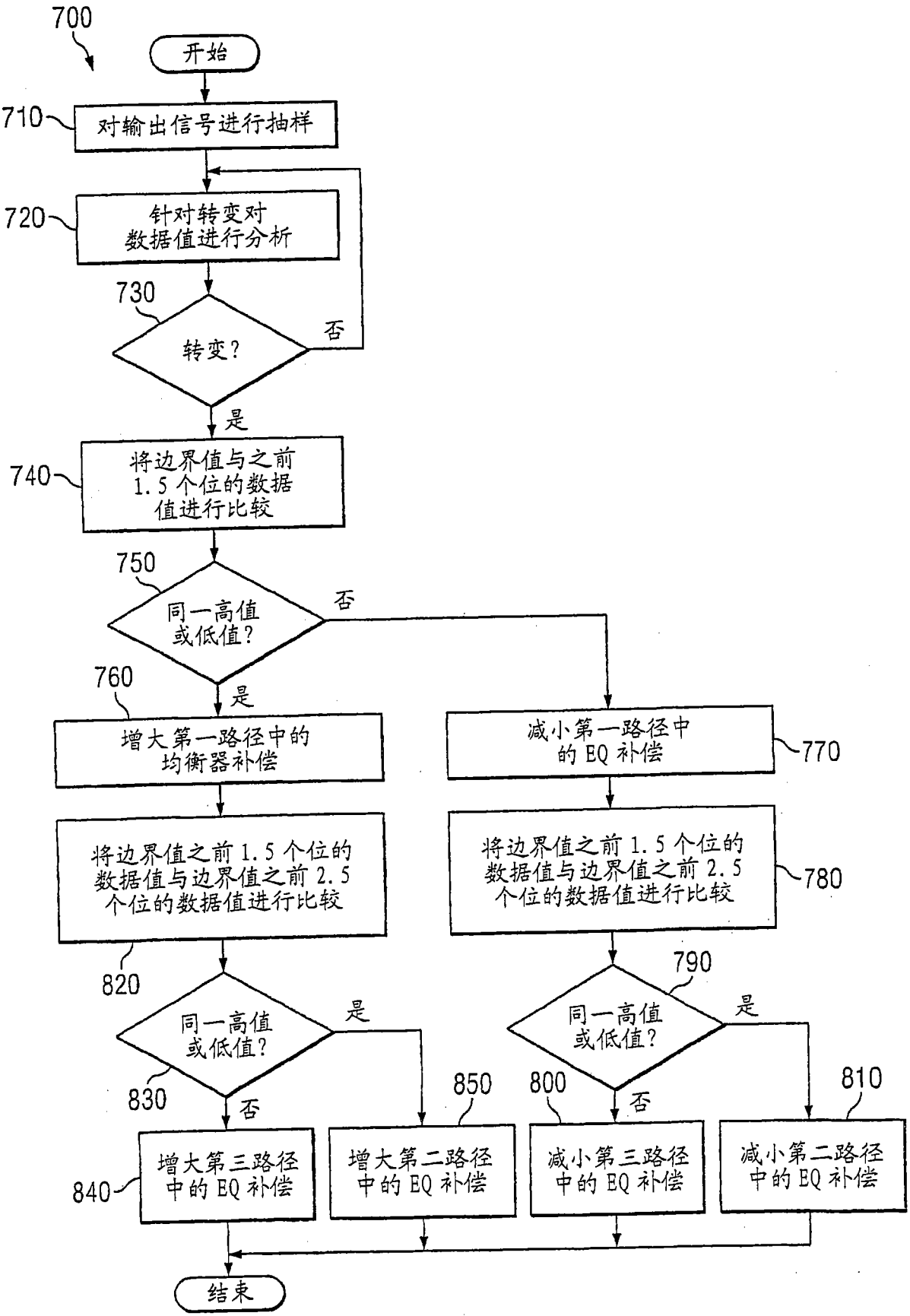
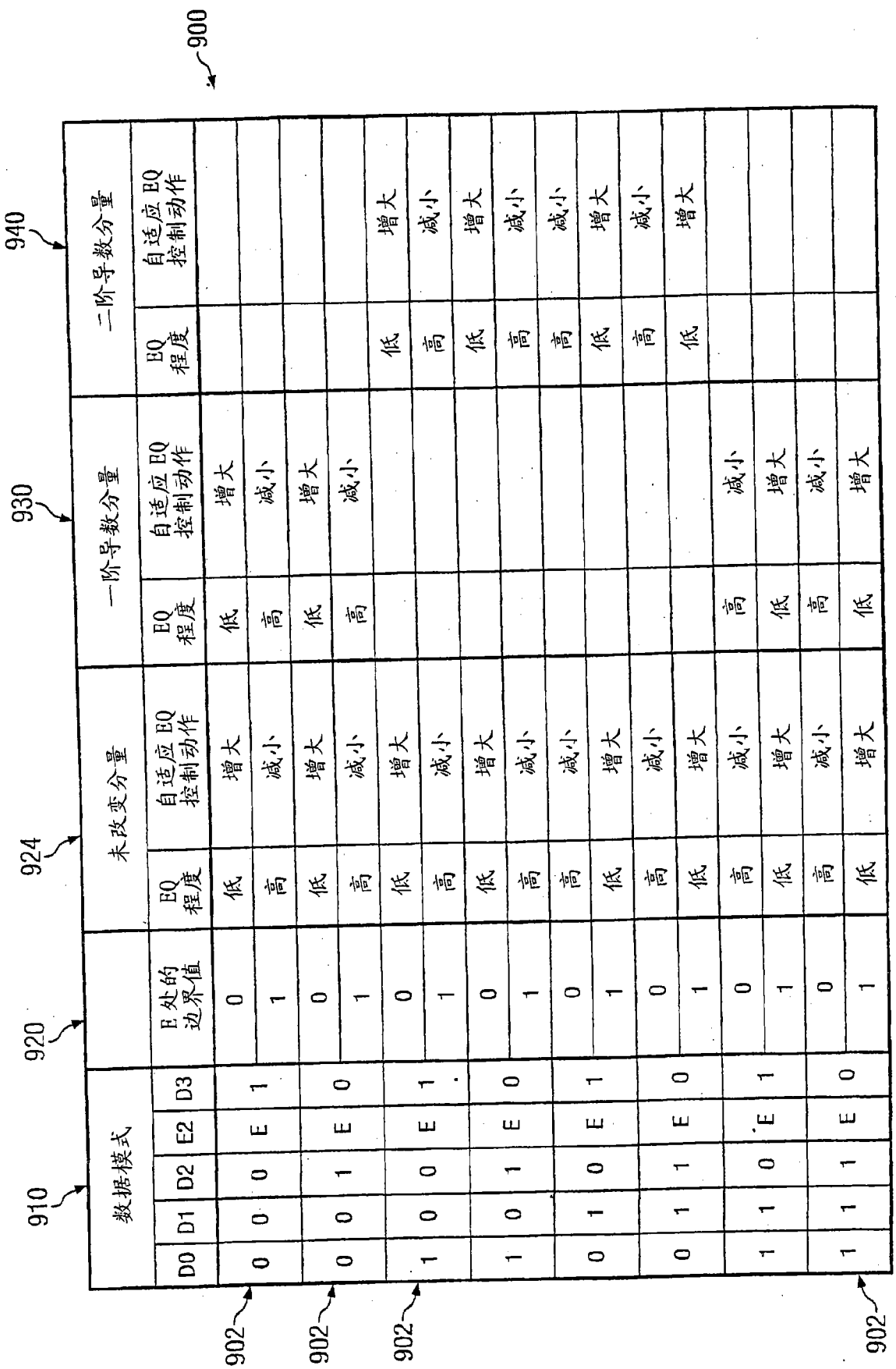

700
开始
710
对输出信号进行抽样
720
针对转变对
数据值进行分析
730
转变?
否
是
740
将边界值与之前
1.5个位的数据
值进行比较
750
同一高值
或低值?
否
是
760
增大第一路径中的
均衡器补偿
减小第一路径中
的EQ补偿
770
将边界值之前1.5个位的
数据值与边界值之前2.5
个位的数据值进行比较
将边界值之前1.5个位的
数据值与边界值之前2.5
个位的数据值进行比较
780
820
同一高值
或低值?
是
830
否
790
同一高值
或低值?
是
850
800
否
810
增大第三路径
中的EQ补偿
840
增大第二路径
中的EQ补偿
减小第三路径
中的EQ补偿
减小第二路径
中的EQ补偿
结束

图 7



数据模式					E处的边界值	未改变分量		一阶导数分量		二阶导数分量	
D0	D1	D2	E2	D3		EQ程度	自适应EQ控制动作	EQ程度	自适应EQ控制动作	EQ程度	自适应EQ控制动作
0	0	0	E	1	0	低	增大	低	增大		
					1	高	减小	高	减小		
0	0	1	E	0	0	低	增大	低	增大		
					1	高	减小	高	减小		
1	0	0	E	1	0	低	增大			低	增大
					1	高	减小			高	减小
1	0	1	E	0	0	低	增大			低	增大
					1	高	减小			高	减小
0	1	0	E	1	0	高	减小			高	减小
					1	低	增大			低	增大
0	1	1	E	0	0	高	减小			高	减小
					1	低	增大			低	增大
1	1	0	E	1	0	高	减小	高	减小		
					1	低	增大	低	增大		
1	1	1	E	0	0	高	减小	高	减小		
					1	低	增大	低	增大		

图 8

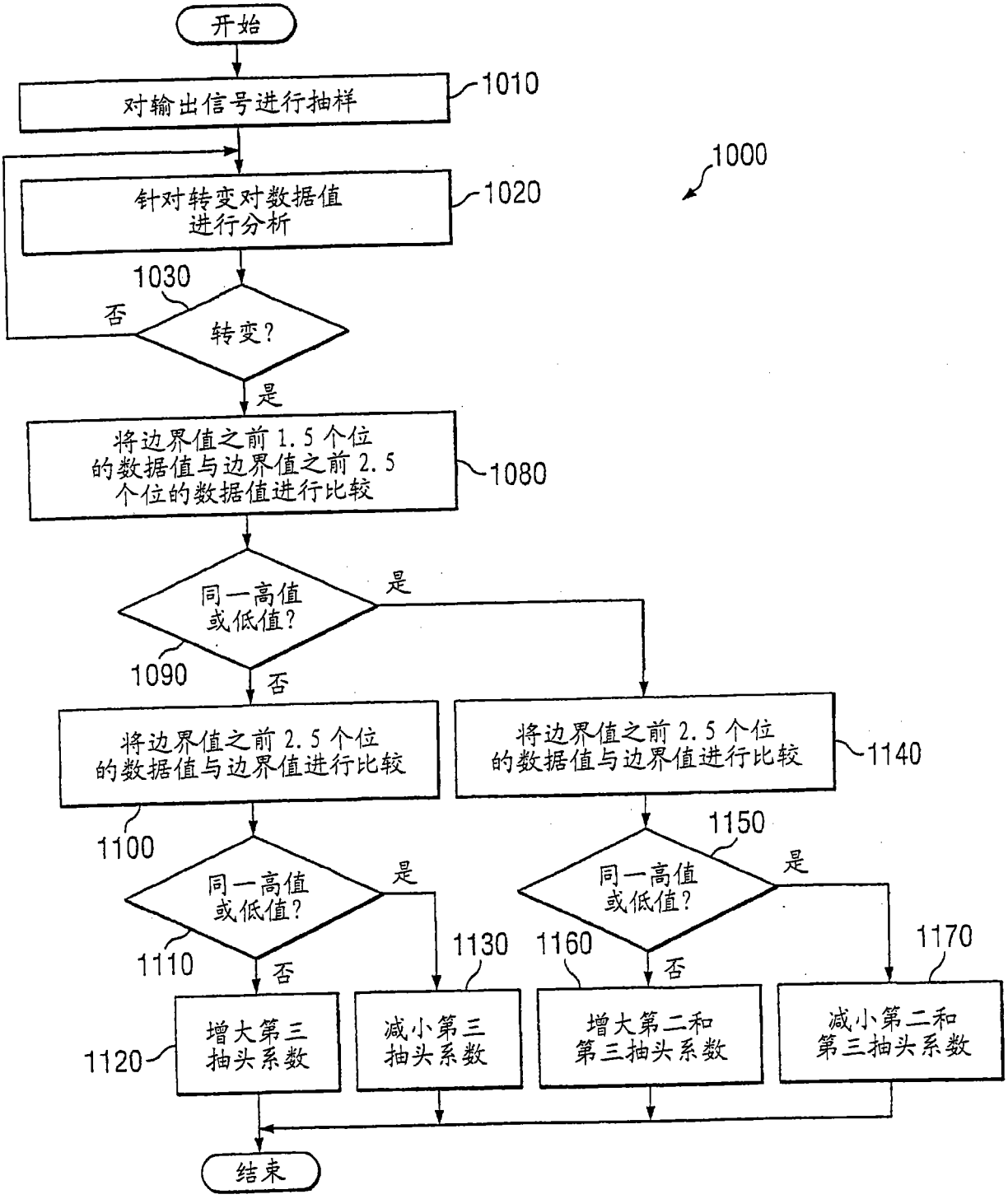
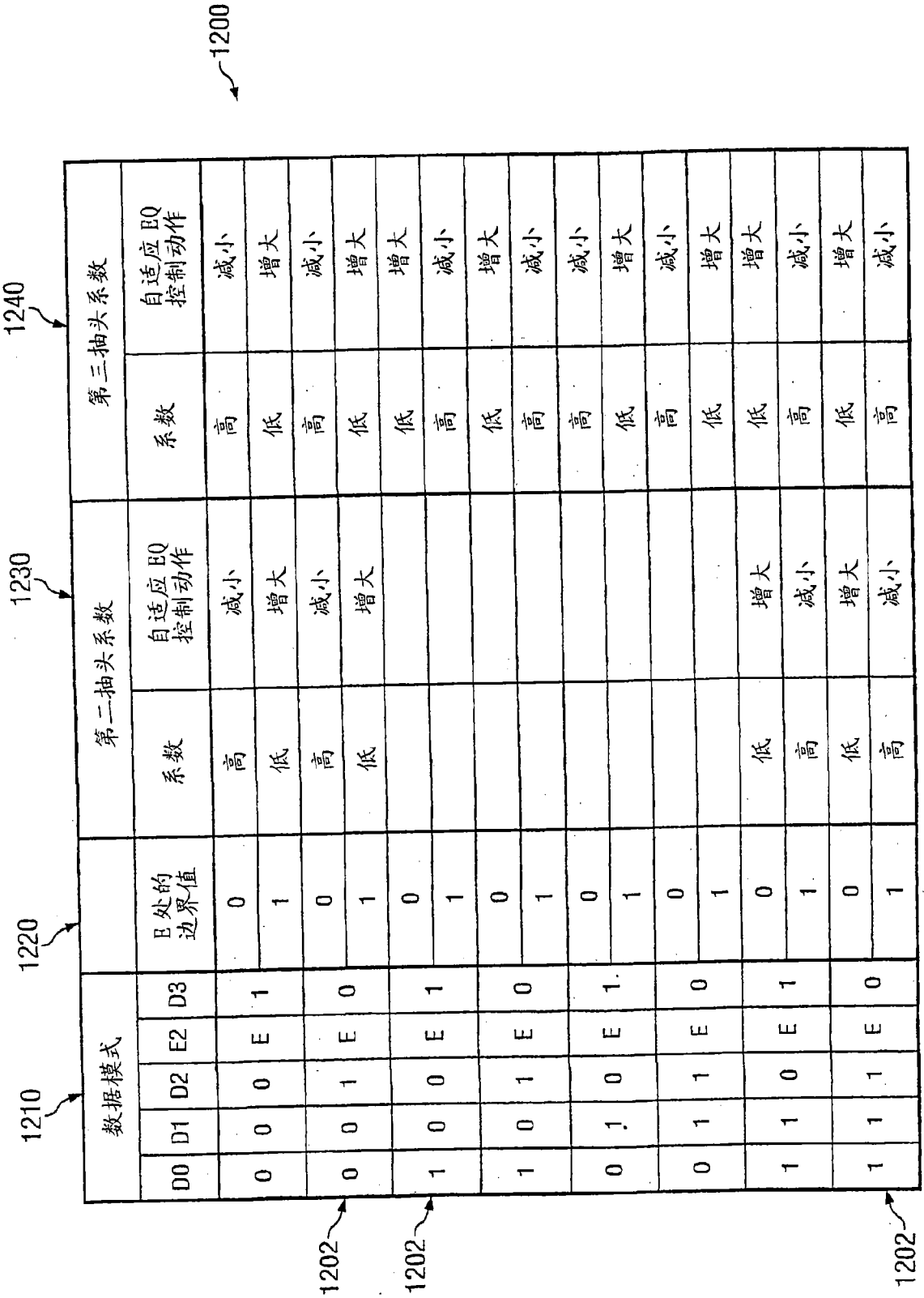

开始
对输出信号进行抽样
1010
针对转变对数据值进行分析
1020
1000
1030
转变?
否
是
将边界值之前1.5个位的数据值与边界值之前2.5个位的数据值进行比较
1080
同一高值或低值?
1090
是
否
将边界值之前2.5个位的数据值与边界值进行比较
1100
将边界值之前2.5个位的数据值与边界值进行比较
1140
同一高值或低值?
1110
是
否
1130
增大第三抽头系数
1120
减小第三抽头系数
同一高值或低值?
1150
1160
是
否
增大第二和第三抽头系数
1170
减小第二和第三抽头系数
结束

图 9



数据模式					B处的边界值	第二抽头系数		第三抽头系数	
D0	D1	D2	E2	D3		系数	自适应EQ控制动作	系数	自适应EQ控制动作
0	0	0	E	1	0	高	减小	高	减小
					1	低	增大	低	增大
0	0	1	E	0	0	高	减小	高	减小
					1	低	增大	低	增大
1	0	0	E	1	0			低	增大
					1			高	减小
1	0	1	E	0	0			低	增大
					1			高	减小
0	1	0	E	1	0			高	减小
					1			低	增大
0	1	1	E	0	0			高	减小
					1			低	增大
1	1	0	E	1	0	低	增大	低	增大
					1	高	减小	高	减小
1	1	1	E	0	0	低	增大	低	增大
					1	高	减小	高	减小

图 10

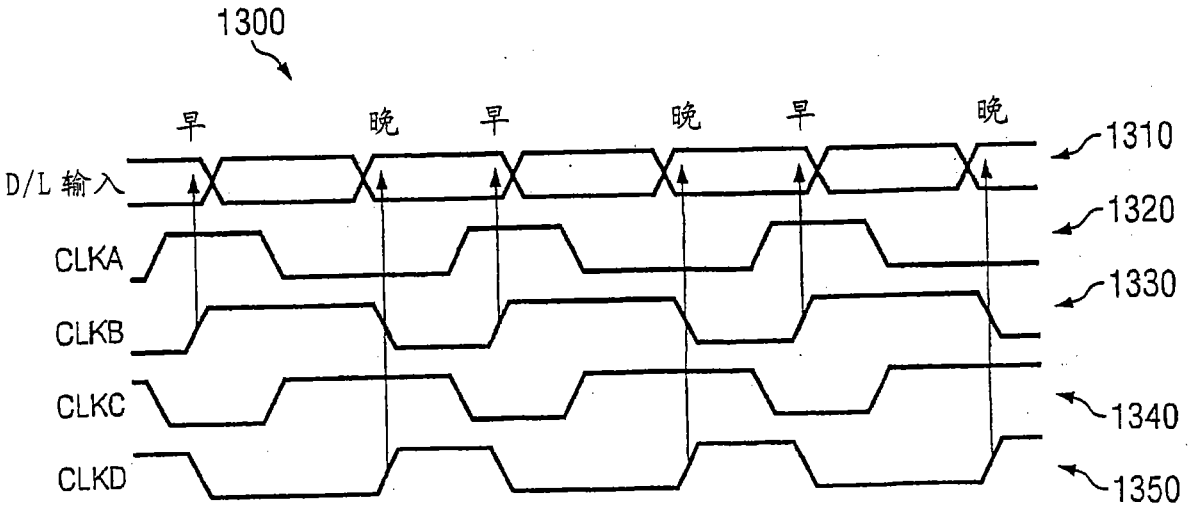


图 11

3800

3810 数据模式				3812 E处的边界值	3814 直流路径偏移		3816 一阶路径偏移	
D0	D1	E1	D2		残留偏移	抵消器动作	残留偏移	抵消器动作
3802 0	0	E	1	0			负	使它为正
				1			正	使它为负
3802 1	0	E	1	0	负	使它为正	负	使它为正
				1	正	使它为负	正	使它为负
3802 0	1	E	0	0	负	使它为正	负	使它为正
				1	正	使它为负	正	使它为负
3802 1	1	E	0	0			负	使它为正
				1			正	使它为负

图 32

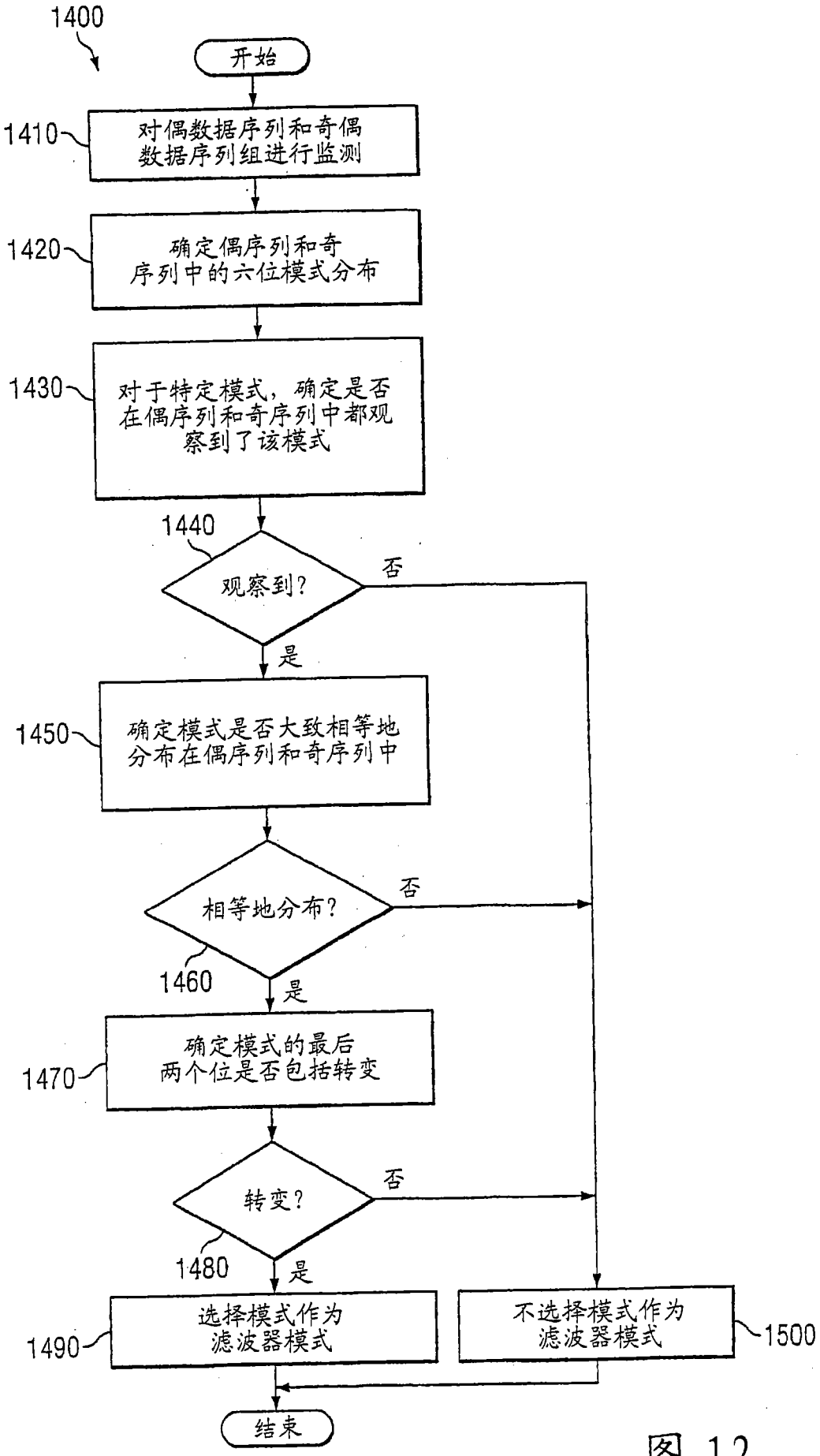

1400
开始
1410
对偶数据序列和奇偶数据序列组进行监测
1420
确定偶序列和奇序列中的六位模式分布
1430
对于特定模式，确定是否在偶序列和奇序列中都观察到了该模式
1440
观察到？
否
是
1450
确定模式是否大致相等地分布在偶序列和奇序列中
相等地分布？
否
1460
是
1470
确定模式的最后两个位是否包括转变
转变？
否
1480
是
1490
选择模式作为滤波器模式
不选择模式作为滤波器模式
1500
结束

图 12

1600

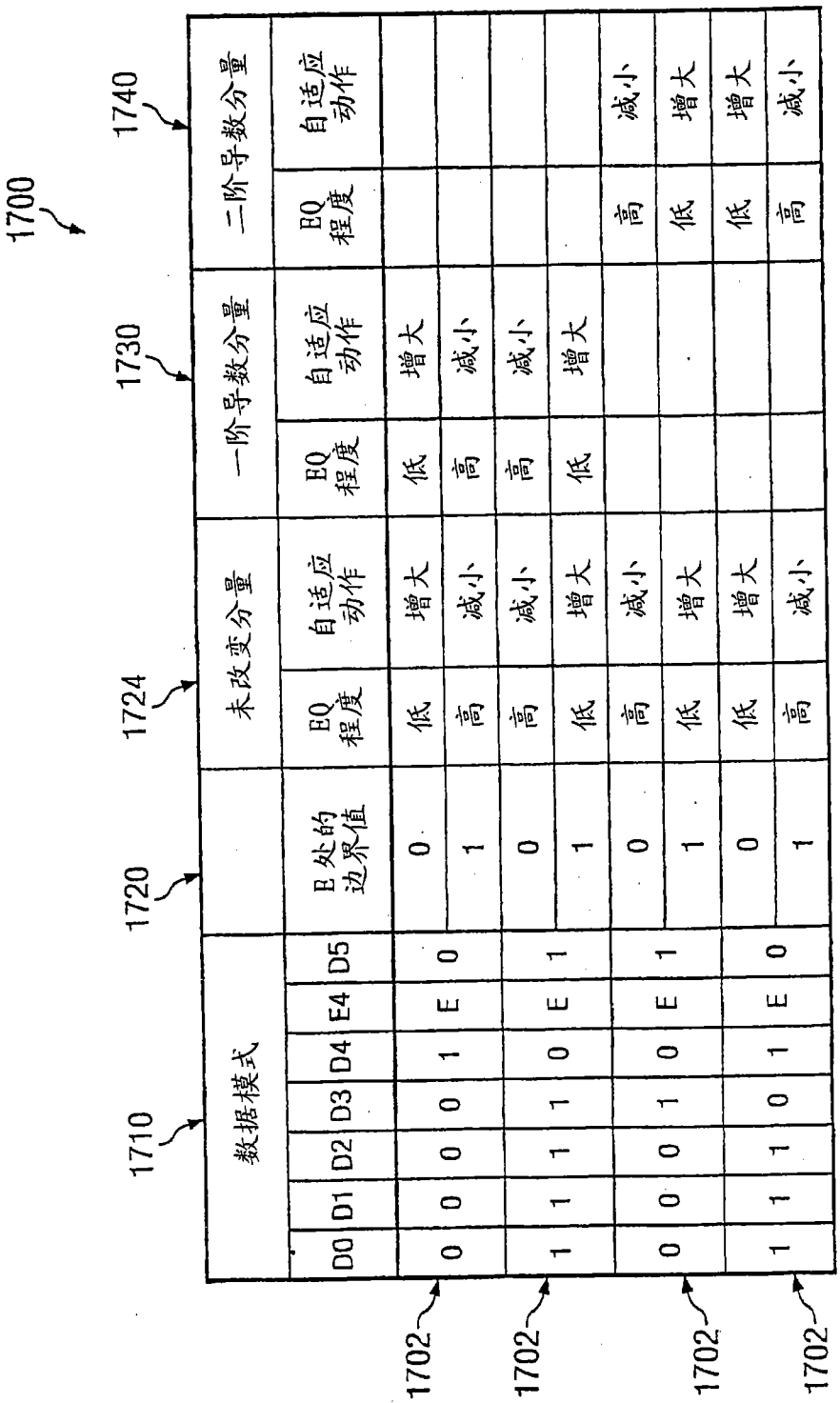
1610 模式	1620 偶	1630 奇
000000		
100000		4.796%
010000	4.796%	
110000	10.408%	
001000		
101000		4.796%
011000		5.204%
111000		5.204%
000100		
100100		
010100	4.796%	
110100	4.796%	
001100	0.408%	
101100	4.796%	
011100		
111100	5.612%	
SUB TOTAL	35.612%	20.000%

模式	偶	奇
000010	4.796%	4.796%
100010		
010010		
110010		
001010		4.796%
101010		
011010		
111010	4.796%	4.796%
000110		0.408%
100110		
010110		4.796%
110110		
001110		
101110		
011110		10.408%
111110	4.796%	
SUB TOTAL	14.388%	30.000%

模式	偶	奇
000001	4.796%	
100001		10.408%
010001		
110001		
001001		
101001		4.796%
011001		
111001		0.408%
000101	4.796%	4.796%
100101		
010101		
110101		4.796%
001101		
101101		
011101		
111101	4.796%	4.796%
SUB TOTAL	14.388%	30.000%

模式	偶	奇
000011	5.612%	
100011		
010011	4.796%	
110011	0.408%	
001011	4.796%	
101011	4.796%	
011011		
111011		
000111		5.204%
100111		5.204%
010111		4.796%
110111		
001111	10.408%	
101111	4.796%	
011111		4.796%
111111		
SUB TOTAL	35.612%	20.000%

图 13



数据模式							未改变分量			一阶导数分量		二阶导数分量	
D0	D1	D2	D3	D4	E4	D5	E处的边界值	EQ程度	自适应动作	EQ程度	自适应动作	EQ程度	自适应动作
0	0	0	0	1	E	0	0	低	增大	低	增大		
							1	高	减小	高	减小		
1	1	1	1	0	E	1	0	高	减小	高	减小		
							1	低	增大	低	增大		
0	0	0	1	0	E	1	0	高	减小			高	减小
							1	低	增大			低	增大
1	1	1	0	1	E	0	0	低	增大			低	增大
							1	高	减小			高	减小

图 14

1800

1810 1820 1830

模式	偶	奇
000000		
100000	0.372%	
010000		0.372%
110000	0.053%	7.021%
001000	0.372%	
101000		
011000		0.426%
111000	14.415%	7.021%
000100		
100100		0.372%
010100		
110100	0.851%	
001100	0.053%	
101100	0.426%	
011100	7.021%	7.340%
1111100		7.074%
SUB TOTAL	23.564%	29.628%

模式	偶	奇
000010	0.426%	
100010	0.372%	0.053%
010010	0.479%	
110010	0.053%	
001010	0.106%	
101010	21.277%	
011010		0.106%
111010		0.745%
000110		0.053%
100110		
010110		0.957%
110110		
001110	7.340%	7.394%
101110		
011110	7.074%	
111110		0.372%
SUB TOTAL	37.128%	9.681%

模式	偶	奇
000001		0.372%
100001	7.021%	0.053%
010001		
110001	7.394%	7.394%
001001		
101001		0.851%
011001		0.053%
111001		
000101	0.053%	0.798%
100101		0.160%
010101		21.383%
110101		
001101		
101101	0.532%	
011101	0.372%	
111101	0.372%	
SUB TOTAL	15.745%	31.064%

模式	偶	奇
000011		7.021%
100011	7.021%	7.340%
010011	0.372%	
110011		
001011	0.851%	0.053%
101011	0.106%	
011011		0.426%
111011		
000111	14.362%	6.968%
100111		0.372%
010111	0.053%	
110111	0.426%	
001111		6.968%
101111		0.479%
011111	0.372%	
111111		
SUB TOTAL	23.564%	29.628%

图 15

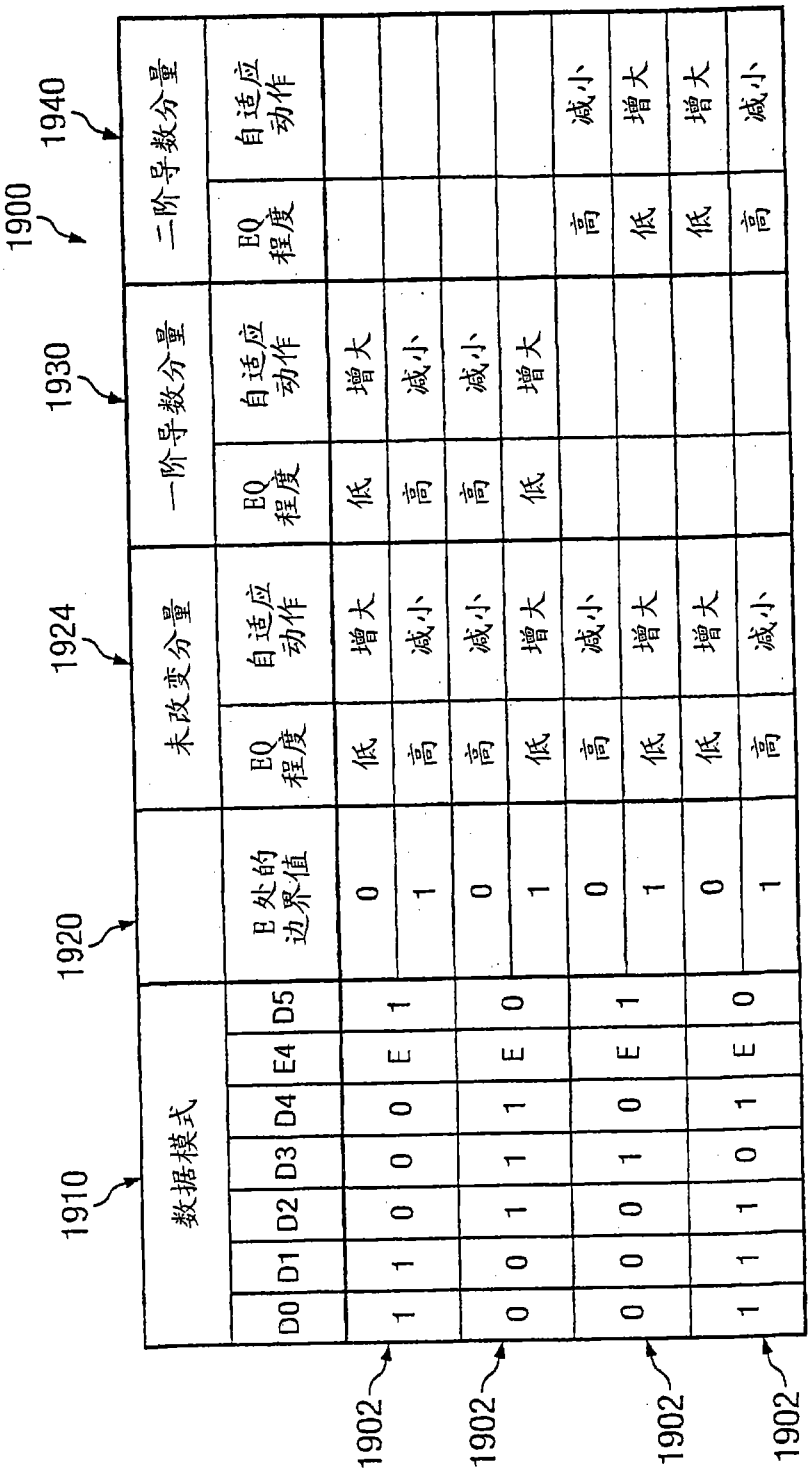

1900
1910
1920
1924
1930
1940
1902
数据模式
D0
D1
D2
D3
D4
E4
D5
E处的边界值
未改变分量
EQ程度
自适应动作
一阶导数分量
EQ程度
自适应动作
二阶导数分量
EQ程度
自适应动作
增大
减小
减小
增大
减小
增大
增大
减小
低
高
高
低
高
低
低
高

图 16

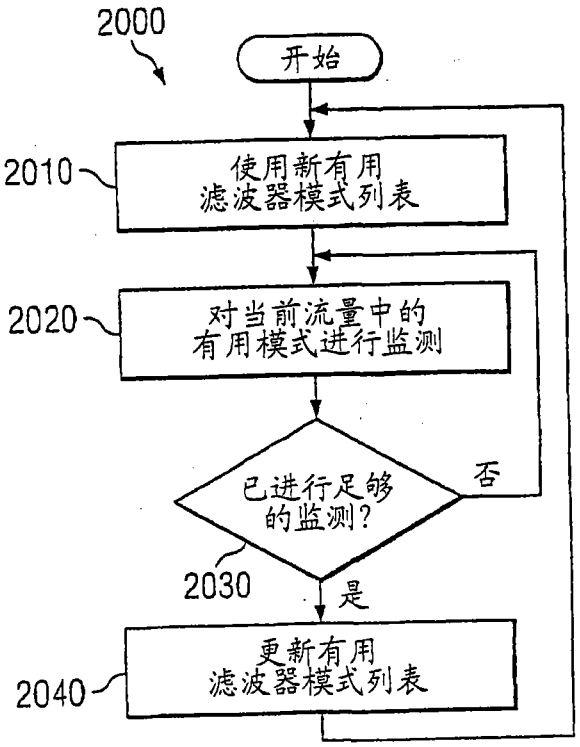

2000
开始
2010
使用新有用
滤波器模式列表
2020
对当前流量中的
有用模式进行监测
已进行足够
的监测?
否
2030
是
2040
更新有用
滤波器模式列表

图 17

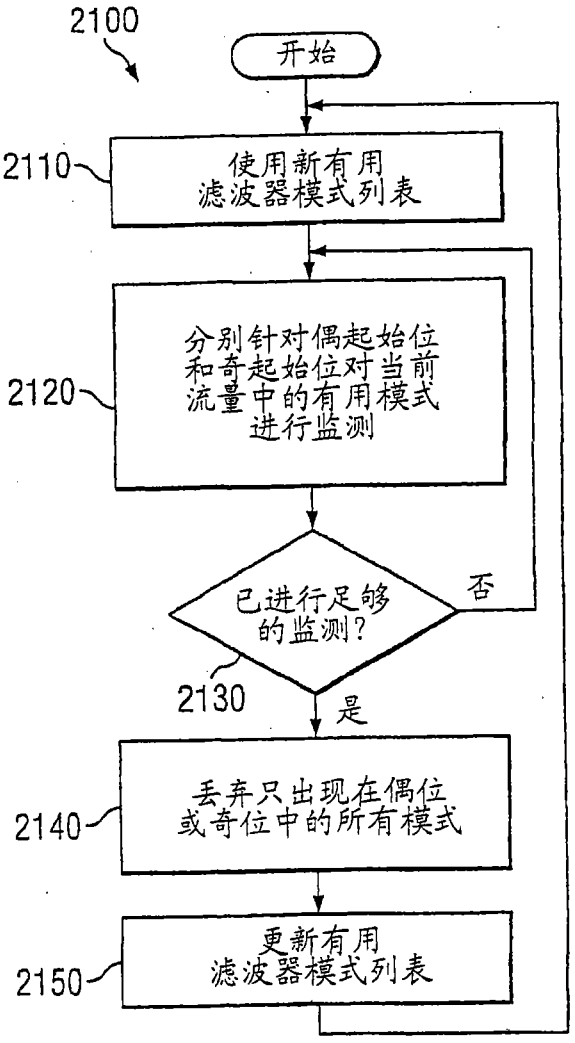

2100
开始
2110
使用新有用
滤波器模式列表
2120
分别针对偶起始位
和奇起始位对当前
流量中的有用模式
进行监测
已进行足够
的监测?
否
2130
是
2140
丢弃只出现在偶位
或奇位中的所有模式
2150
更新有用
滤波器模式列表

图 18

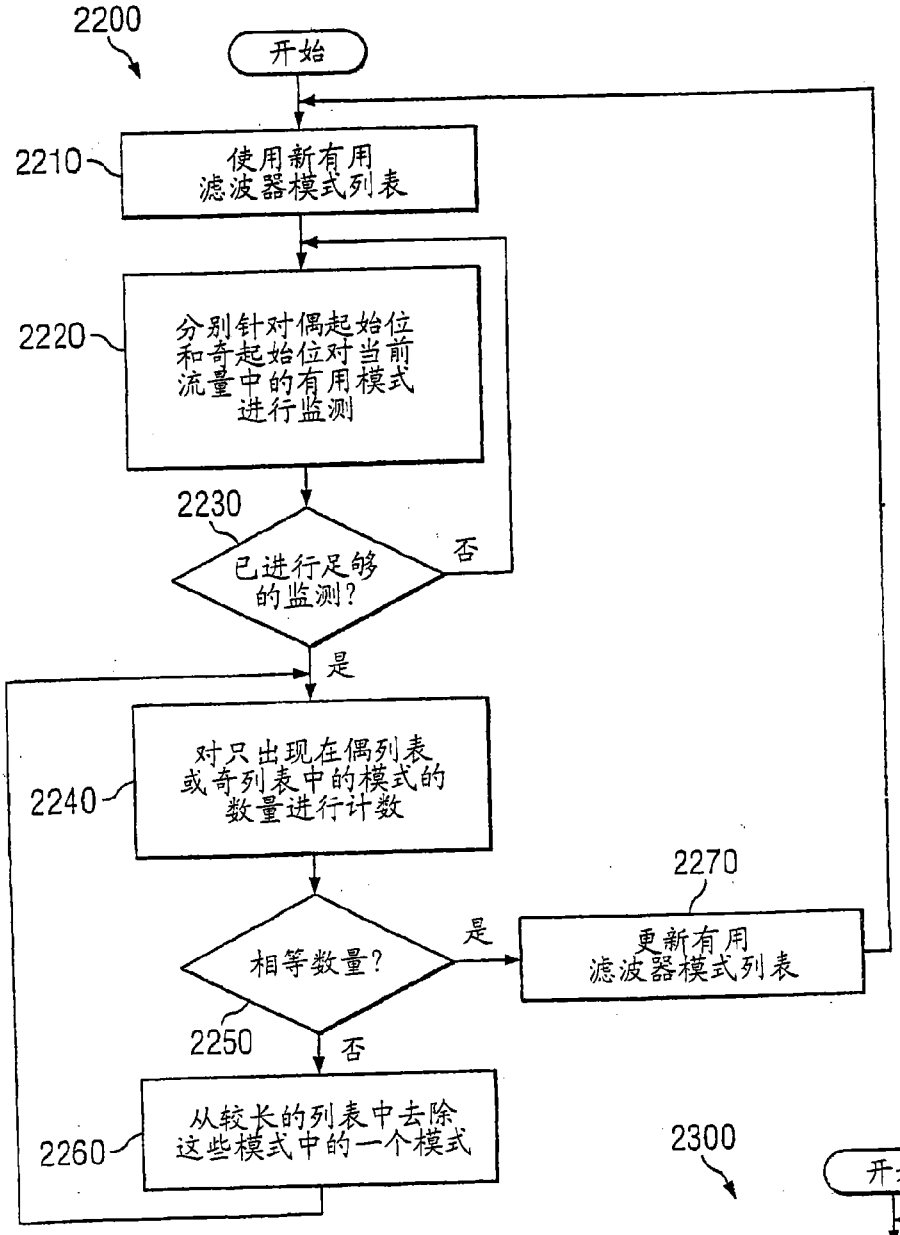

2200
开始
2210
使用新有用
滤波器模式列表
2220
分别针对偶起始位
和奇起始位对当前
流量中的有用模式
进行监测
2230
已进行足够
的监测?
否
是
2240
对只出现在偶列表
或奇列表中的模式的
数量进行计数
2270
相等数量?
是
更新有用
滤波器模式列表
2250
否
2260
从较长的列表中去除
这些模式中的一个模式

图 19

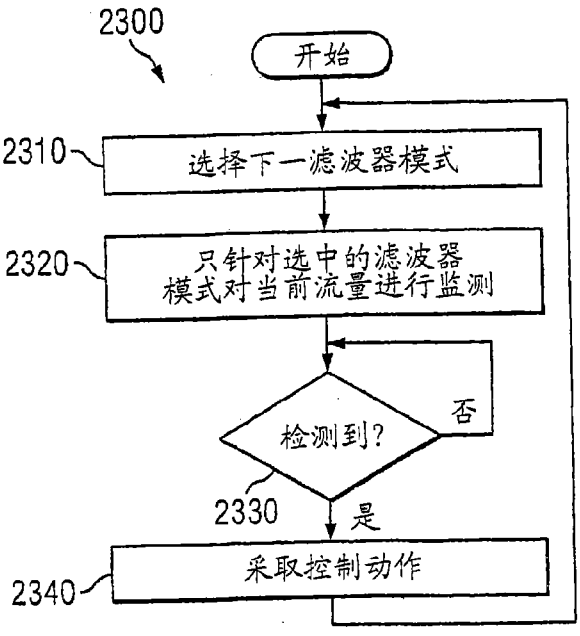

2300
开始
2310
选择下一滤波器模式
2320
只针对选中的滤波器
模式对当前流量进行监测
检测到?
否
2330
是
2340
采取控制动作

图 20

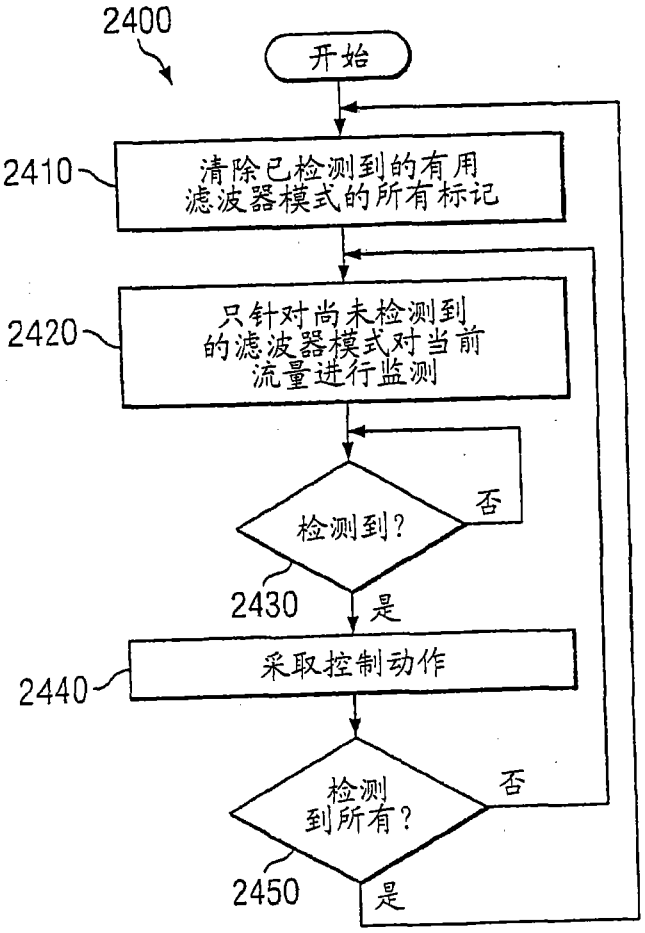

2400
开始
2410
清除已检测到的有用滤波器模式的所有标记
2420
只针对尚未检测到的滤波器模式对当前流量进行监测
检测到?
否
2430
是
2440
采取控制动作
检测到所有?
否
2450
是

图 21

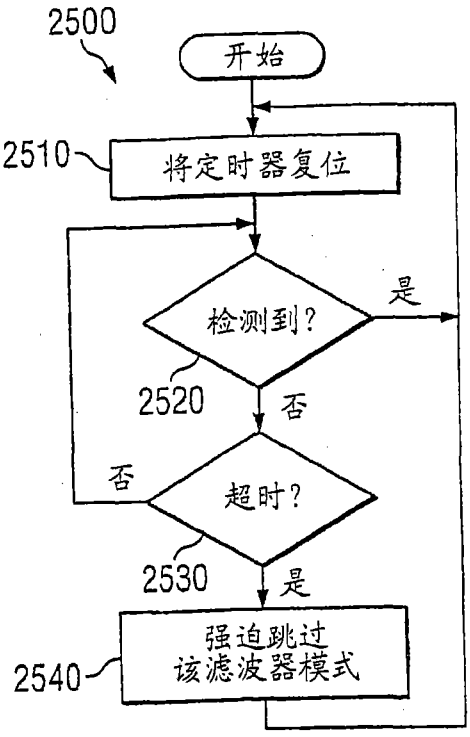

2500
开始
2510
将定时器复位
检测到?
是
2520
否
否
超时?
2530
是
2540
强迫跳过该滤波器模式

图 22

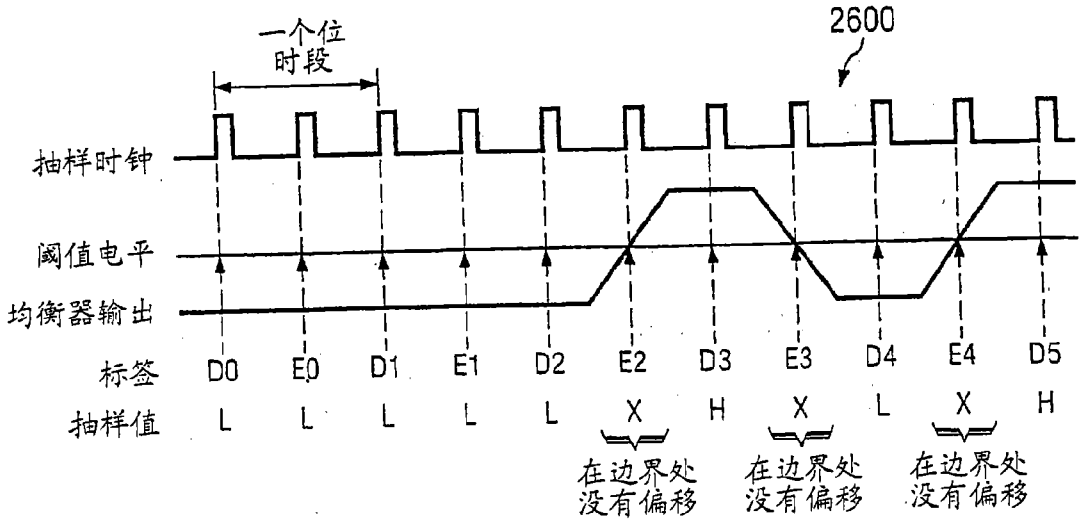


图 23A

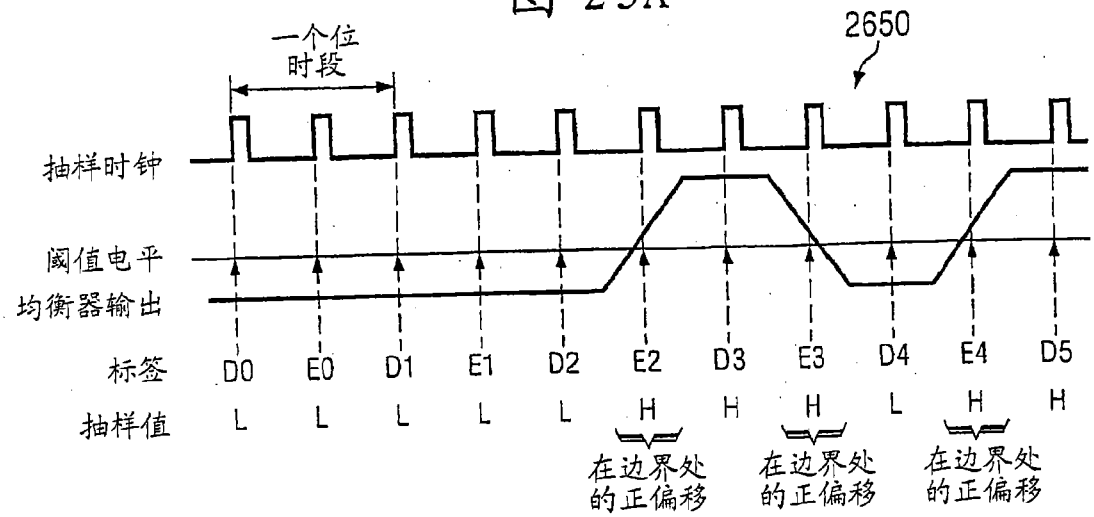


图 23B

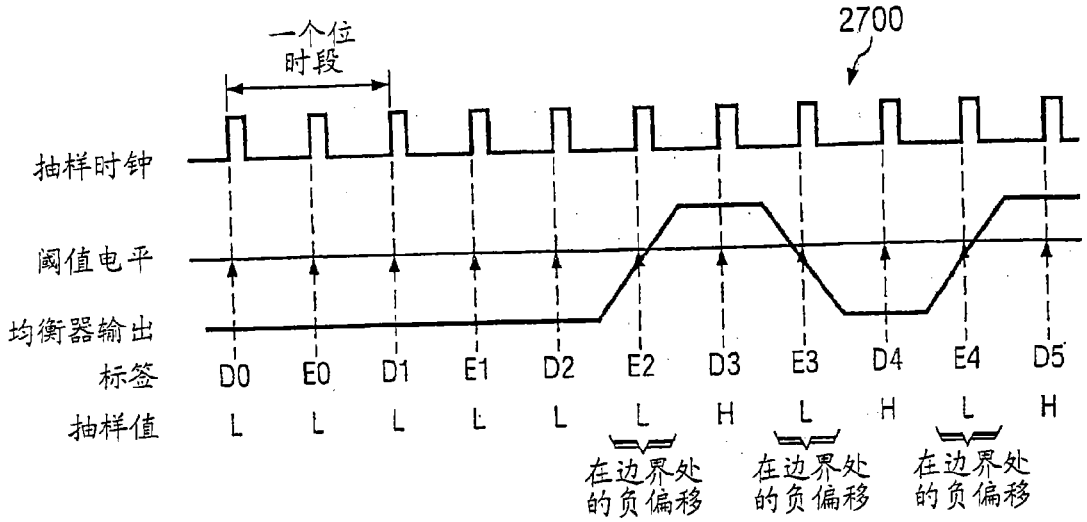


图 23C

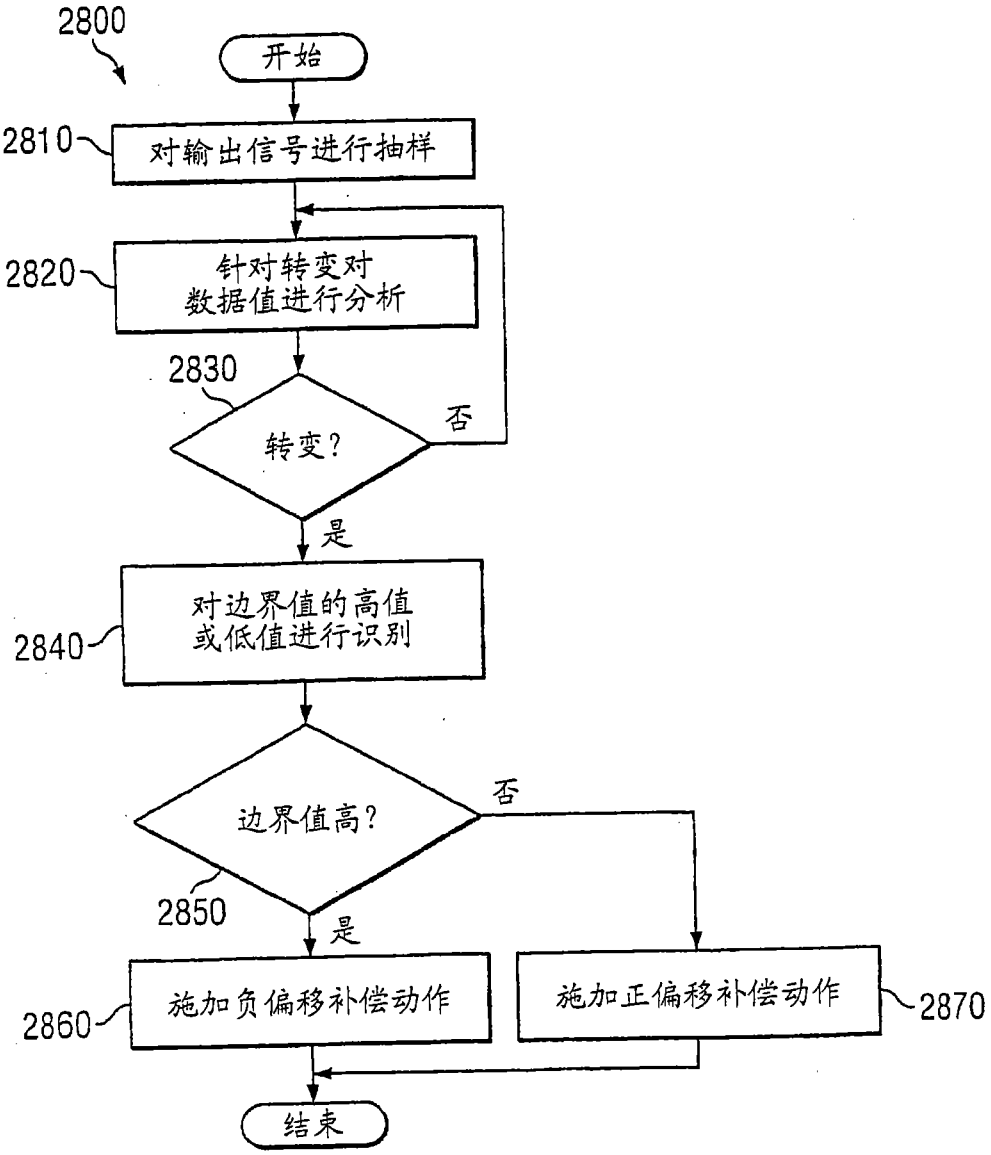


图 24

2900

2910 数据模式 D1	E1	D2	2912 E处的边界值	2914 残留偏移	2916 偏移抵消器动作
0	E	1	0	负	使它变得稍正
			1	正	使它变得稍负
1	E	0	0	负	使它变得稍正
			1	正	使它变得稍负

2902 2902

图 25

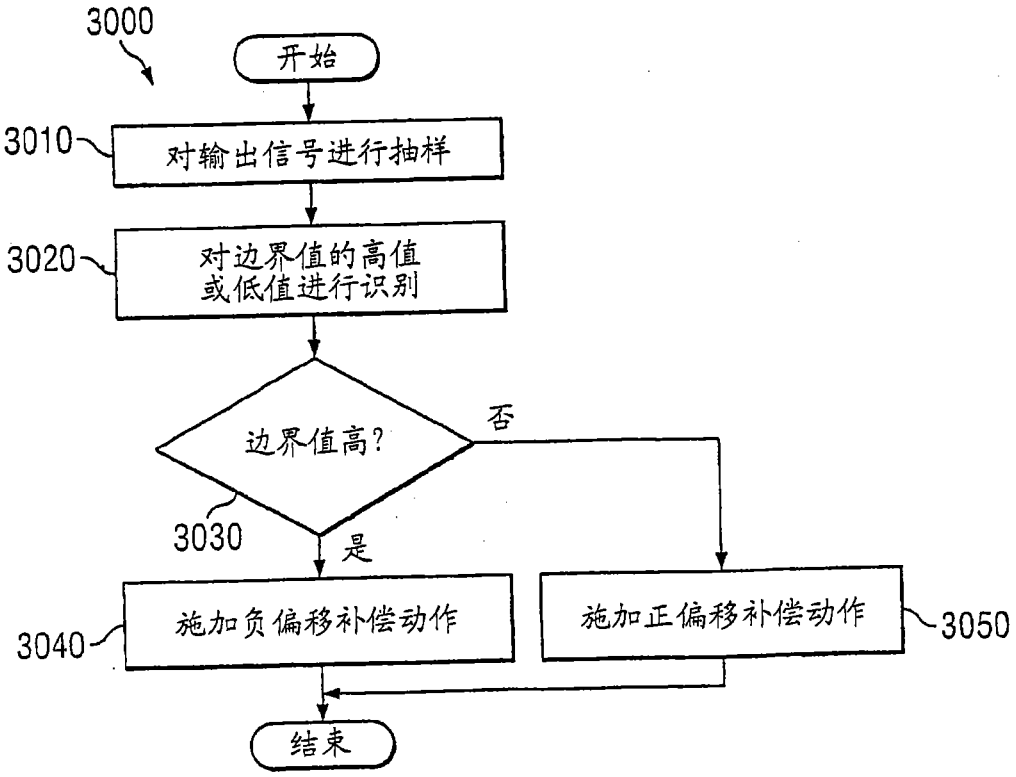


图 26

3100

3110 数据模式			3112 E处的边界值	3114 残留偏移	3116 偏移抵消器动作
D1	E1	D2			
0	E	1	0	负	使它变得稍正
			1	正	使它变得稍负
1	E	0	0	负	使它变得稍正
			1	正	使它变得稍负
0	E	0	0	负	使它变得稍正
			(1)	(正)	(使它变得稍负)
1	E	1	(0)	(负)	(使它变得稍正)
			1	正	使它变得稍负

3102 3102 3102 3102

图 27

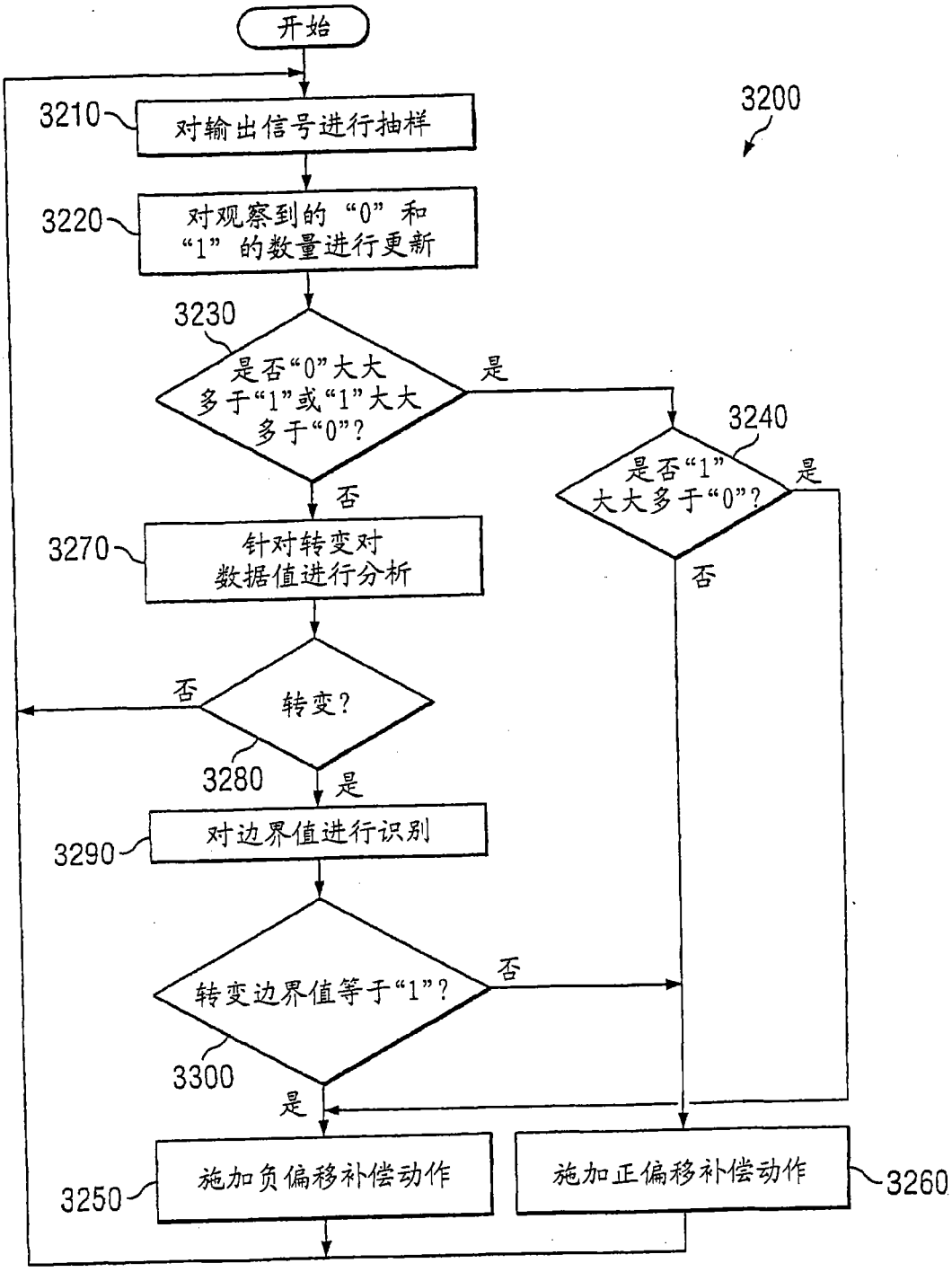

开始
3200
3210
对输出信号进行抽样
3220
对观察到的“0”和“1”的数量进行更新
3230
是否“0”大大多于“1”或“1”大大多于“0”?
是
否
3240
是否“1”大大多于“0”?
是
否
3270
针对转变对数据值进行分析
否
转变?
3280
是
3290
对边界值进行识别
转变边界值等于“1”?
否
3300
是
3250
施加负偏移补偿动作
施加正偏移补偿动作
3260

图 28

3400

	3410 数据模式 D1	E1	D2	3412 E处的边界值	3414 残留偏移	3416 偏移抵消器动作
3402a	0	E	1	0	负	使它变得稍正
				1	正	使它变得稍负
3402b	1	E	0	0	负	使它变得稍正
				1	正	使它变得稍负
3402c	0	E	0	X	可能为负	对"0"计数进行更新；若"0"计数大大多于"1"计数，则使它稍正
3402d	1	E	1	X	可能为正	对"1"计数进行更新；若"1"计数大大多于"0"计数，则使它稍负

图 29

4100

	4110 数据模式 D0	D1	E1	D2	4112 E处的边界值	4114 直流路径偏移 残留偏移	抵消器动作	4116 一阶路径偏移 残留偏移	抵消器动作
4102	0	0	E	1	0			负	使它为正
					1			正	使它为负
4102	1	0	E	1	0	负	使它为正		
					1	正	使它为负		
4102	0	1	E	0	0	负	使它为正		
					1	正	使它为负		
4102	1	1	E	0	0			负	使它为正
					1			正	使它为负

图 34

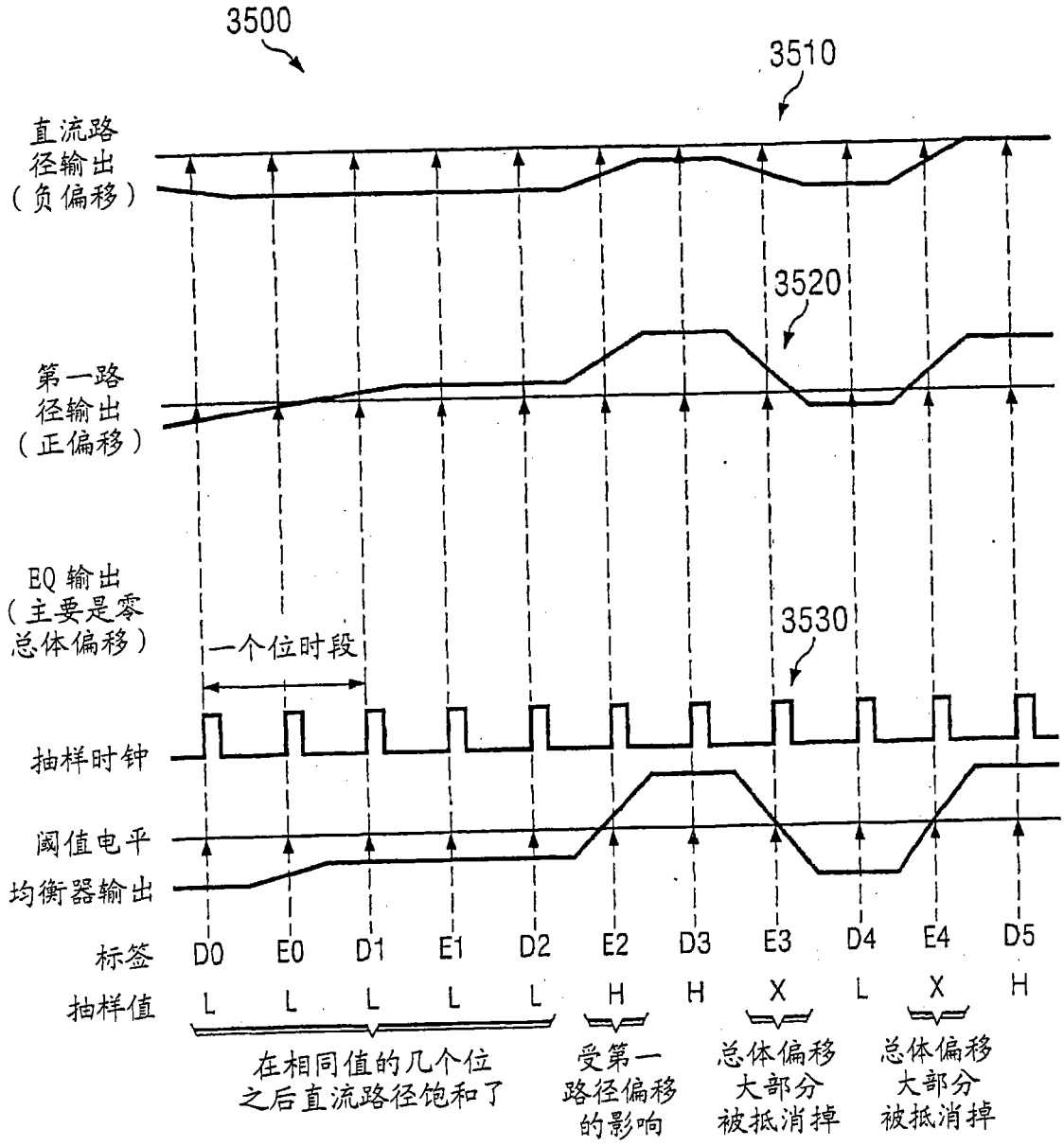

3500
3510
直流路径输出（负偏移）
3520
第一路径输出（正偏移）
EQ 输出（主要是零总体偏移）
3530
一个位时段
抽样时钟
阈值电平
均衡器输出
标签 D0 E0 D1 E1 D2 E2 D3 E3 D4 E4 D5
抽样值 L L L L L H H X L X H
在相同值的几个位之后直流路径饱和了
受第一路径偏移的影响
总体偏移大部分被抵消掉
总体偏移大部分被抵消掉

图 30

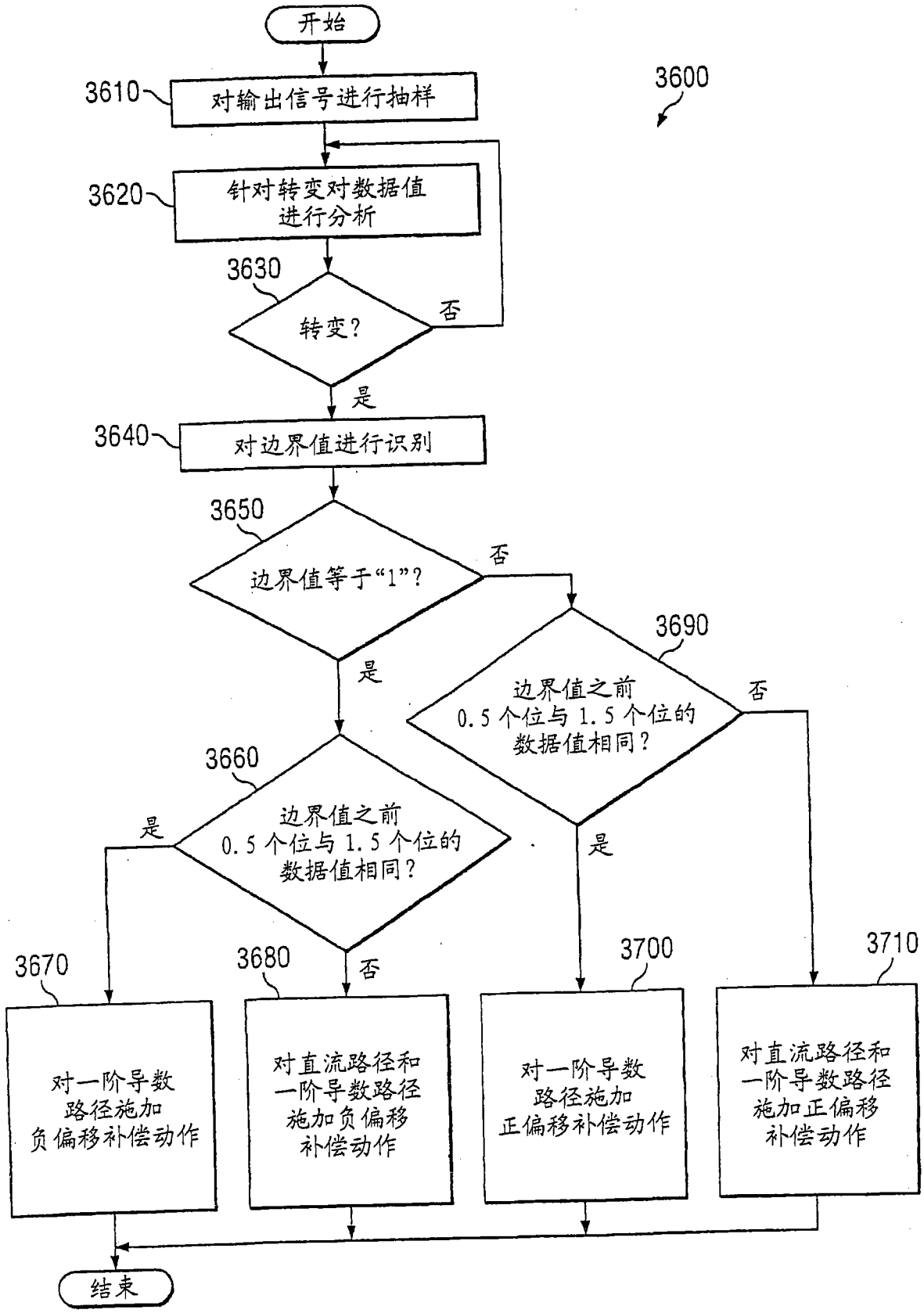

开始
3610
对输出信号进行抽样
3600
3620
针对转变对数据值进行分析
3630
转变?
否
是
3640
对边界值进行识别
3650
边界值等于“1”?
否
是
3690
边界值之前0.5个位与1.5个位的数据值相同?
否
是
3660
边界值之前0.5个位与1.5个位的数据值相同?
是
否
3670
对一阶导数路径施加负偏移补偿动作
3680
对直流路径和一阶导数路径施加负偏移补偿动作
3700
对一阶导数路径施加正偏移补偿动作
3710
对直流路径和一阶导数路径施加正偏移补偿动作
结束

图 31

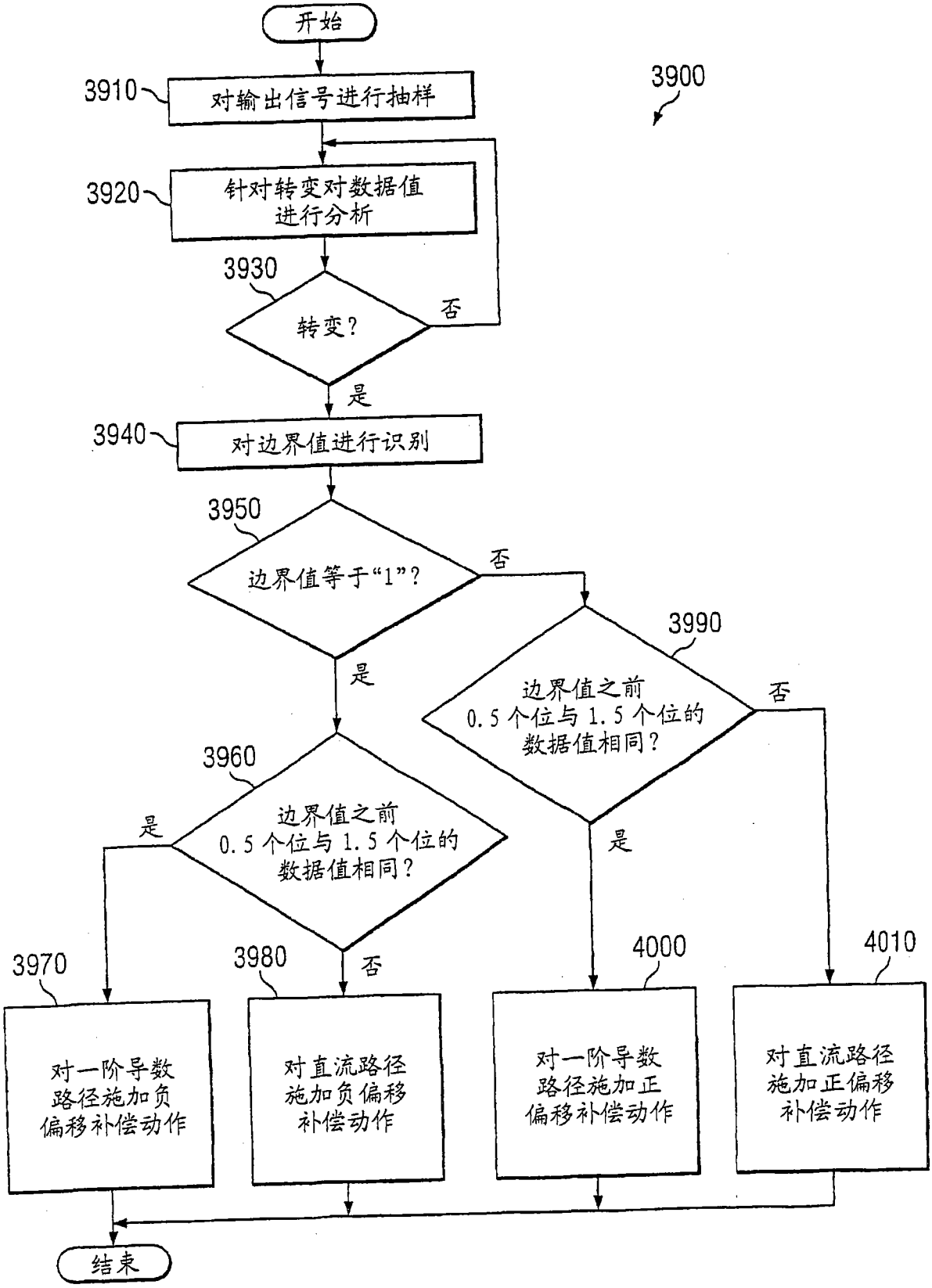

开始
3900
3910
对输出信号进行抽样
3920
针对转变对数据值进行分析
3930
转变?
否
是
3940
对边界值进行识别
3950
边界值等于“1”?
否
是
3990
边界值之前0.5个位与1.5个位的数据值相同?
否
是
3960
边界值之前0.5个位与1.5个位的数据值相同?
是
否
3970
对一阶导数路径施加负偏移补偿动作
3980
对直流路径施加负偏移补偿动作
4000
对一阶导数路径施加正偏移补偿动作
4010
对直流路径施加正偏移补偿动作
结束

图 33

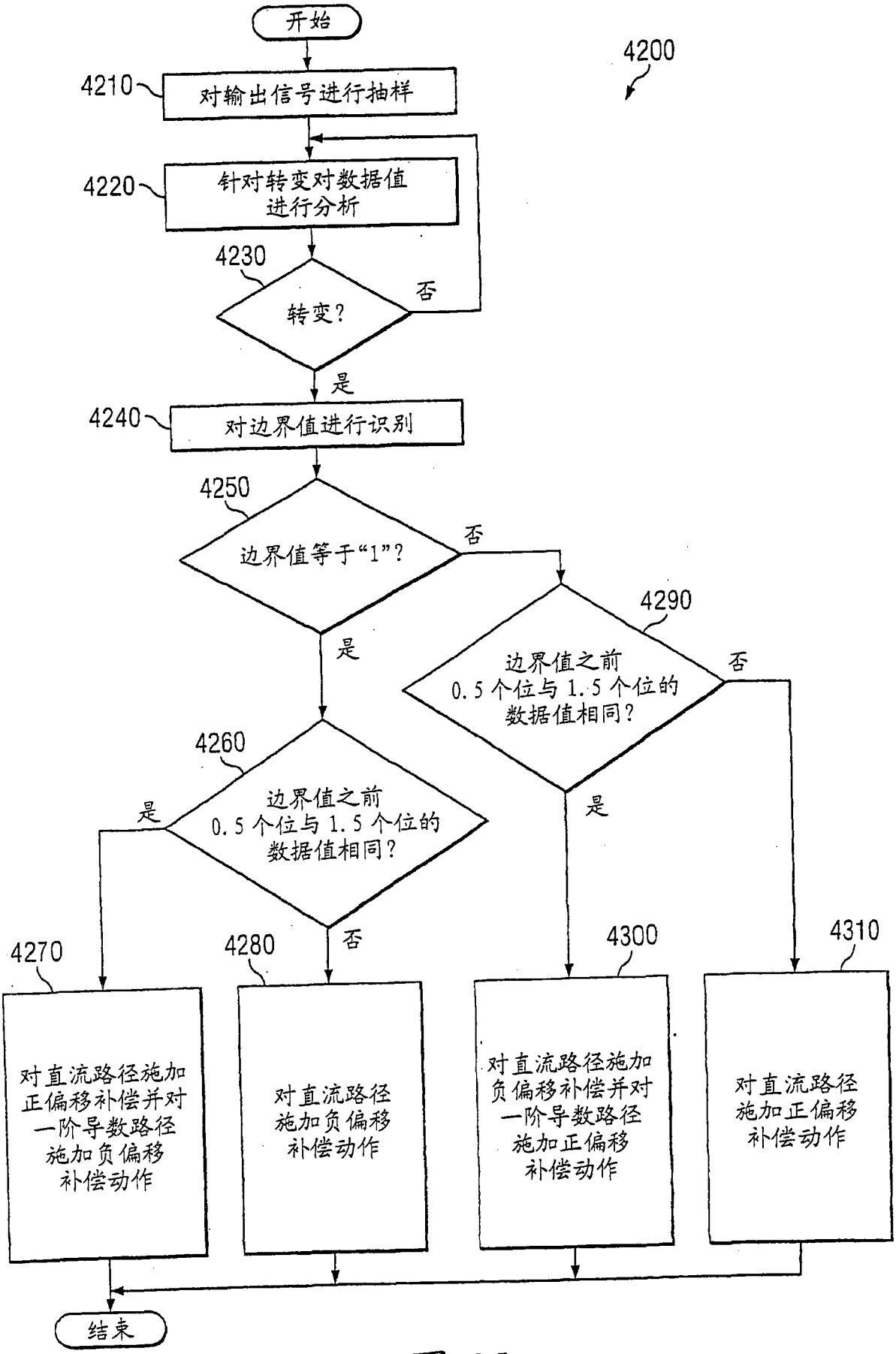

开始
4200
4210
对输出信号进行抽样
4220
针对转变对数据值进行分析
4230
转变?
否
是
4240
对边界值进行识别
4250
边界值等于"1"?
否
是
4290
边界值之前0.5个位与1.5个位的数据值相同?
否
是
4260
边界值之前0.5个位与1.5个位的数据值相同?
是
否
4270
对直流路径施加正偏移补偿并对一阶导数路径施加负偏移补偿动作
4280
对直流路径施加负偏移补偿动作
4300
对直流路径施加负偏移补偿并对一阶导数路径施加正偏移补偿动作
4310
对直流路径施加正偏移补偿动作
结束

图 35

4400

4410 数据模式				4412 E处的边界值	4414 直流路径偏移		4416 一阶路径偏移	
D0	D1	E1	D2		残留偏移	抵消器动作	残留偏移	抵消器动作
4402 0	0	E	1	0		使它为正	负	使它为负
				1		使它为负	正	使它为正
4402 1	0	E	1	0	负	使它为正		
				1	正	使它为负		
4402 0	1	E	0	0	负	使它为正		
				1	正	使它为负		
4402 1	1	E	0	0		使它为正	负	使它为负
				1		使它为负	正	使它为正

图 36

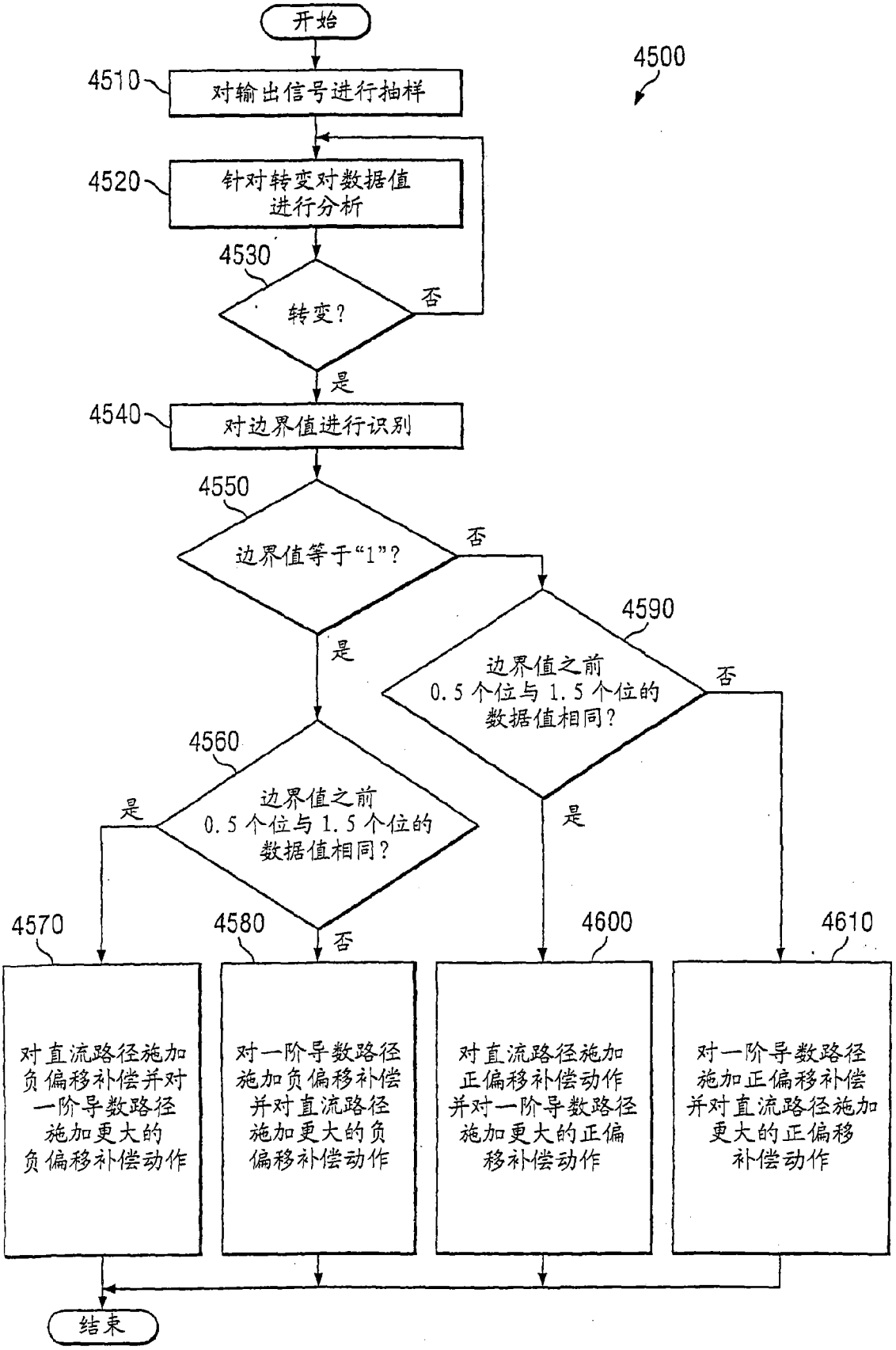

开始
4500
4510
对输出信号进行抽样
4520
针对转变对数据值进行分析
4530
转变?
否
是
4540
对边界值进行识别
4550
边界值等于"1"?
否
是
4590
边界值之前0.5个位与1.5个位的数据值相同?
否
是
4560
边界值之前0.5个位与1.5个位的数据值相同?
是
否
4570
4580
4600
4610
对直流路径施加负偏移补偿并对一阶导数路径施加更大的负偏移补偿动作
对一阶导数路径施加负偏移补偿并对直流路径施加更大的负偏移补偿动作
对直流路径施加正偏移补偿动作并对一阶导数路径施加更大的正偏移补偿动作
对一阶导数路径施加正偏移补偿并对直流路径施加更大的正偏移补偿动作
结束

图 37

4700

4710 数据模式				4712 E处的边界值	4714 直流路径偏移		4716 一阶路径偏移	
D0	D1	E1	D2		残留偏移	抵消器动作	残留偏移	抵消器动作
4702 0	0	E	1	0		小 ++	负	大 ++
				1		小 −−	正	大 −−
4702 1	0	E	1	0	负	大 ++	负	小 ++
				1	正	大 −−	正	小 −−
4702 0	1	E	0	0	负	大 ++	负	小 ++
				1	正	大 −−	正	小 −−
4702 1	1	E	0	0		小 ++	负	大 ++
				1		小 −−	正	大 −−

图 38

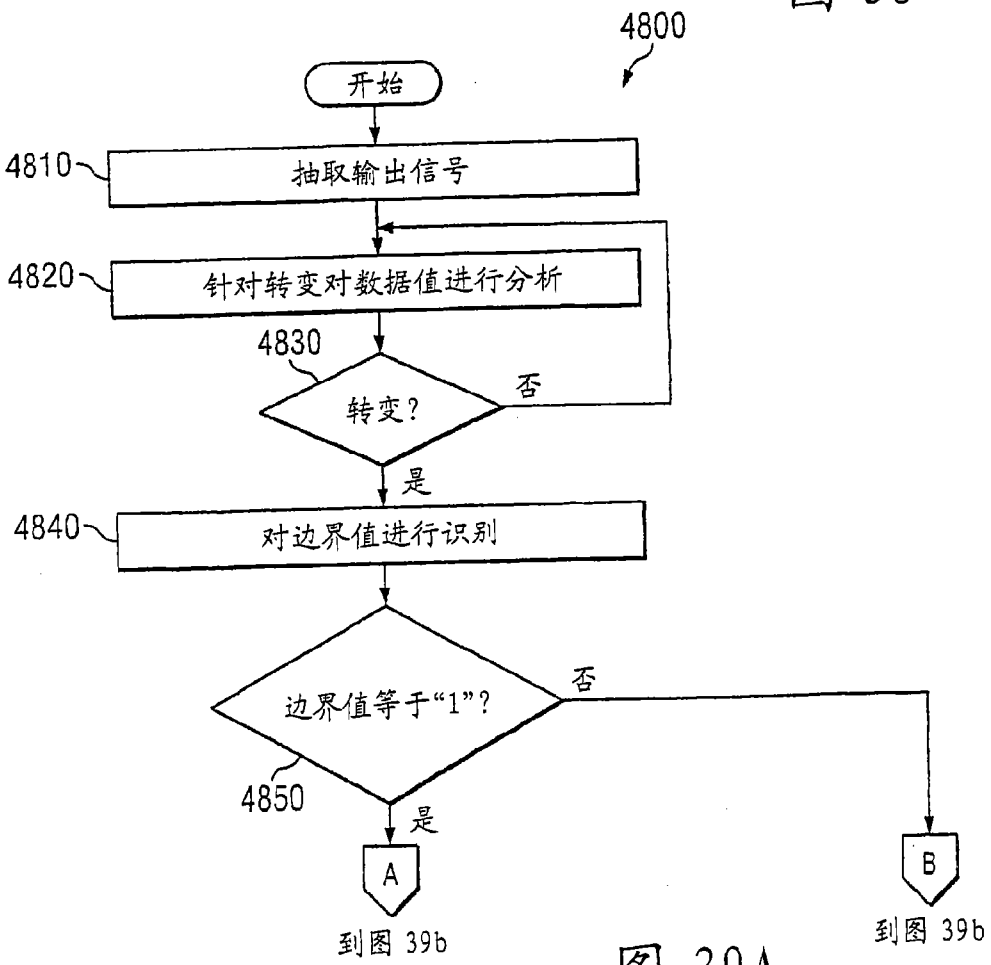


图 39A

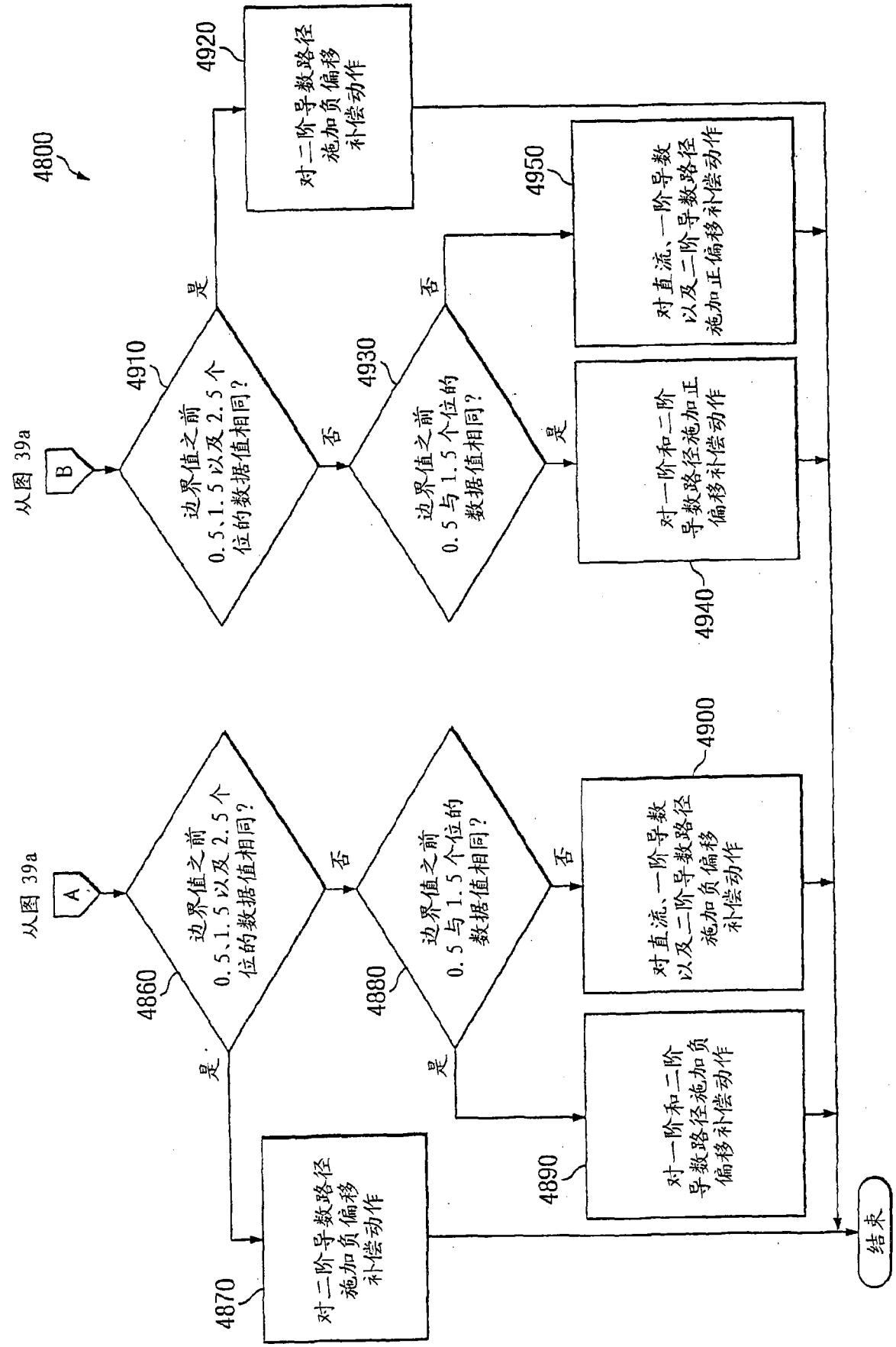

4800
从图 39a
A
从图 39a
B
4860
边界值之前 0.5、1.5 以及 2.5 个位的数据值相同?
是
否
4870
对二阶导数路径施加负偏移补偿动作
4880
边界值之前 0.5 与 1.5 个位的数据值相同?
是
否
4890
对一阶和二阶导数路径施加负偏移补偿动作
4900
对直流、一阶导数以及二阶导数路径施加负偏移补偿动作
4910
边界值之前 0.5、1.5 以及 2.5 个位的数据值相同?
是
否
4920
对二阶导数路径施加负偏移补偿动作
4930
边界值之前 0.5 与 1.5 个位的数据值相同?
是
否
4940
对一阶和二阶导数路径施加正偏移补偿动作
4950
对直流、一阶导数以及二阶导数路径施加正偏移补偿动作
结束

图 39B

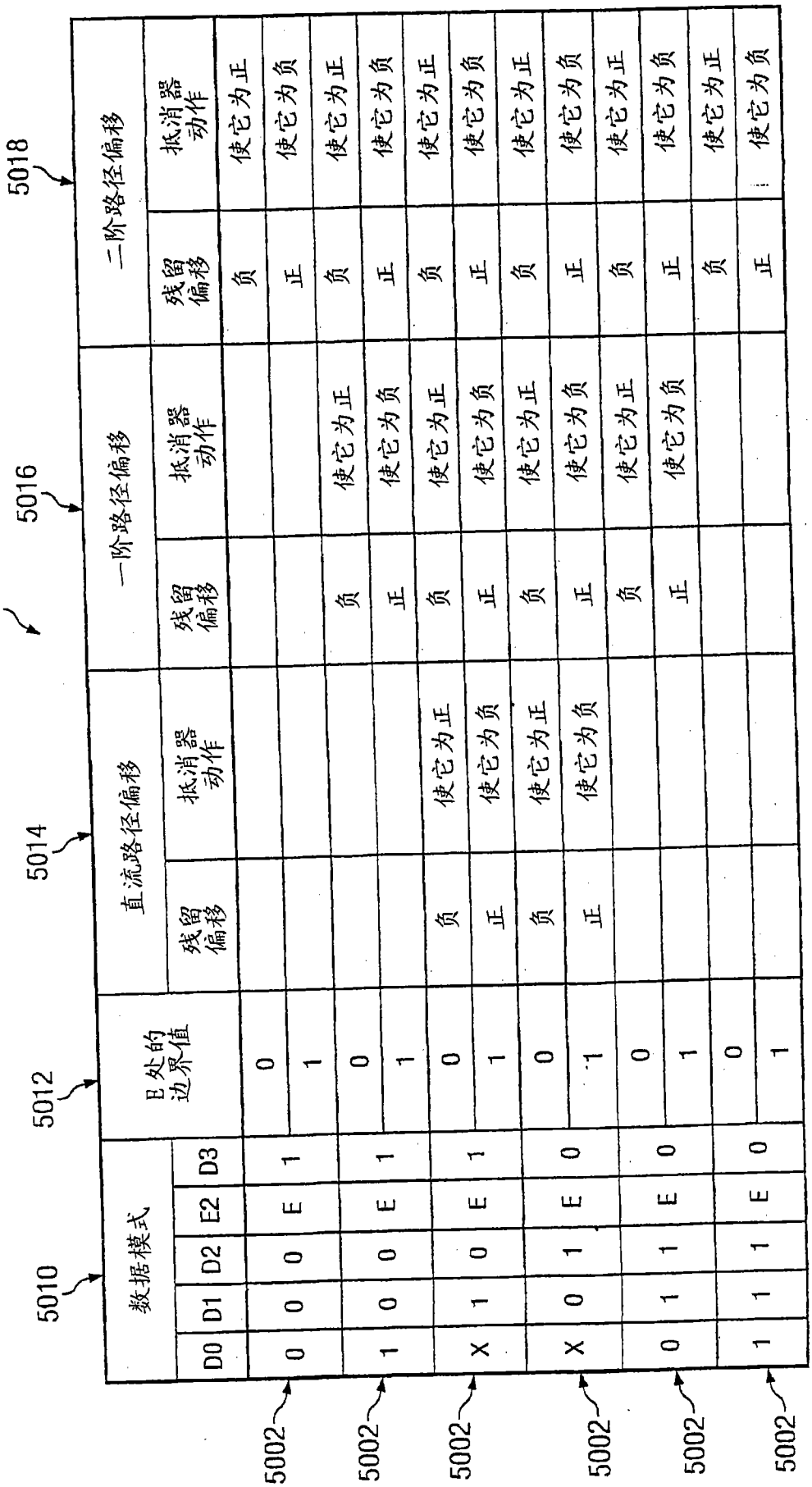

5000
5010
5012
5014
5016
5018
数据模式
D0
D1
D2
E2
D3
B处的边界值
直流路径偏移
残留偏移
抵消器动作
一阶路径偏移
残留偏移
抵消器动作
二阶路径偏移
残留偏移
抵消器动作
5002
使它为正
使它为负
负
正

图 40

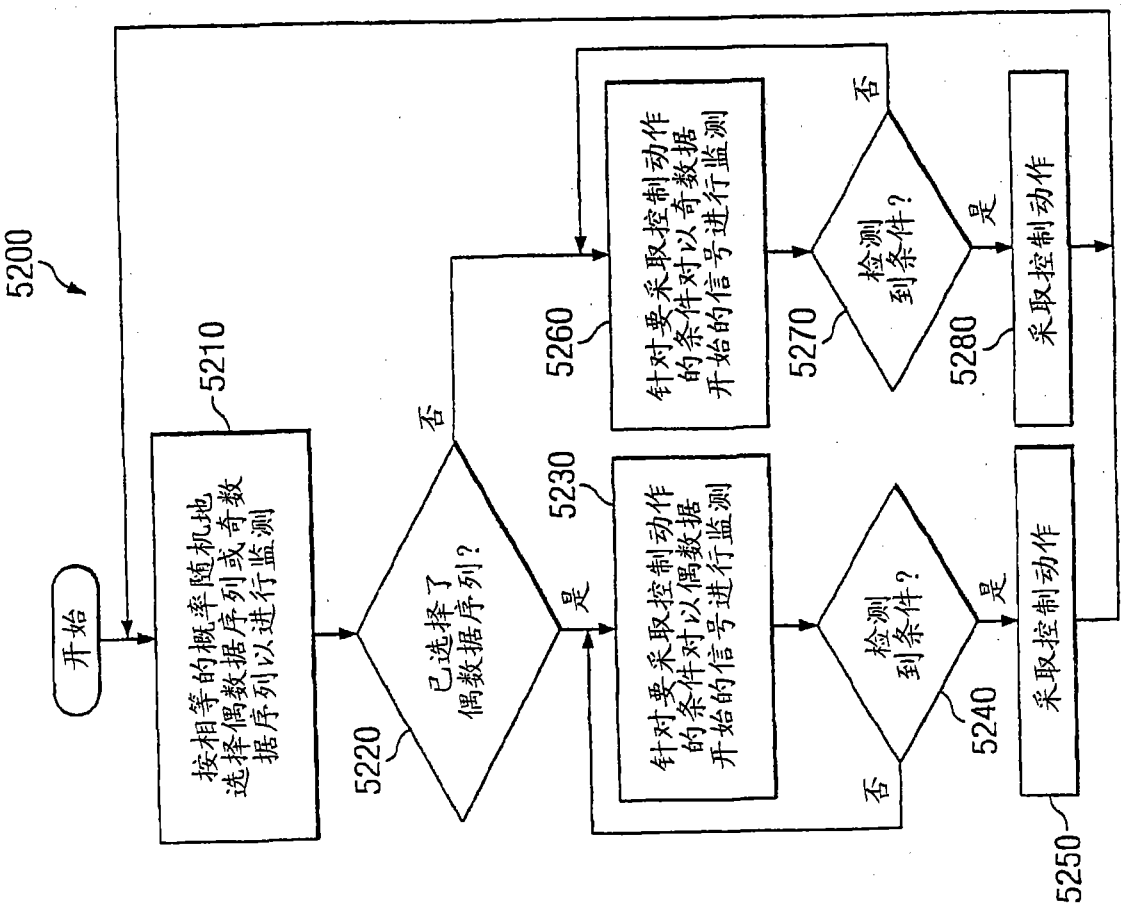

5200
开始
5210
按相等的概率随机地选择偶数据序列或奇数据序列以进行监测
5220
已选择了偶数据序列？
否
是
5230
针对要采取控制动作的条件对以偶数据开始的信号进行监测
检测到条件？
否
是
5240
采取控制动作
5250
5260
针对要采取控制动作的条件对以奇数据开始的信号进行监测
5270
检测到条件？
否
是
5280
采取控制动作

图 42

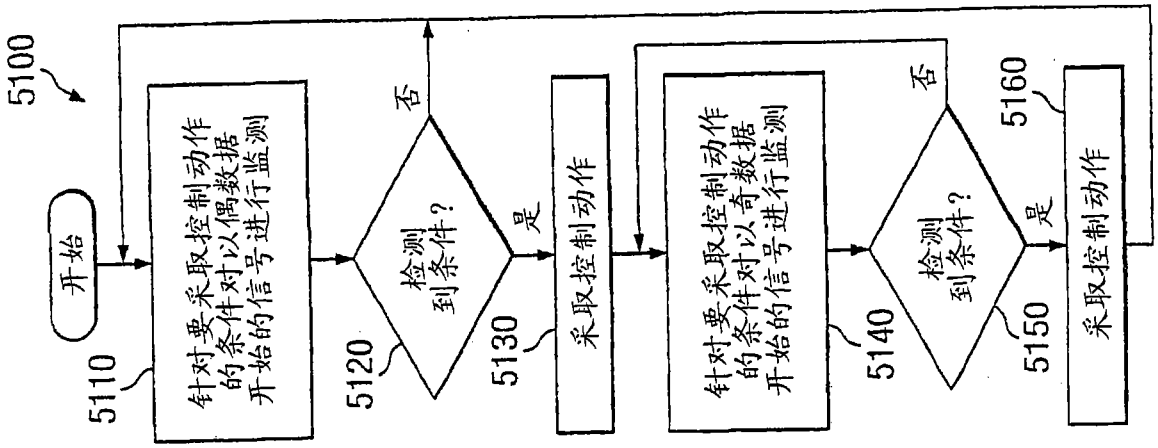

5100
开始
5110
针对要采取控制动作的条件对以偶数据开始的信号进行监测
5120
检测到条件？
否
是
5130
采取控制动作
针对要采取控制动作的条件对以奇数据开始的信号进行监测
5140
检测到条件？
否
是
5150
5160
采取控制动作

图 41

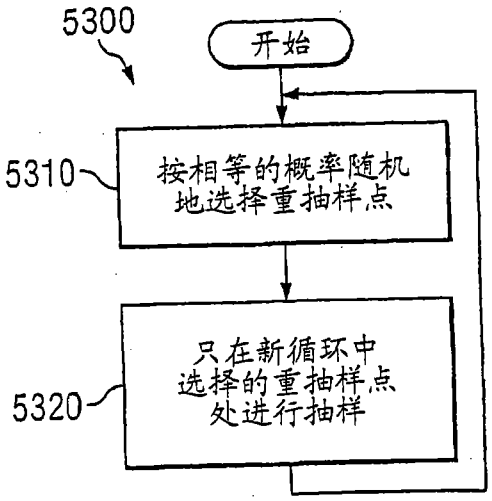


图 43

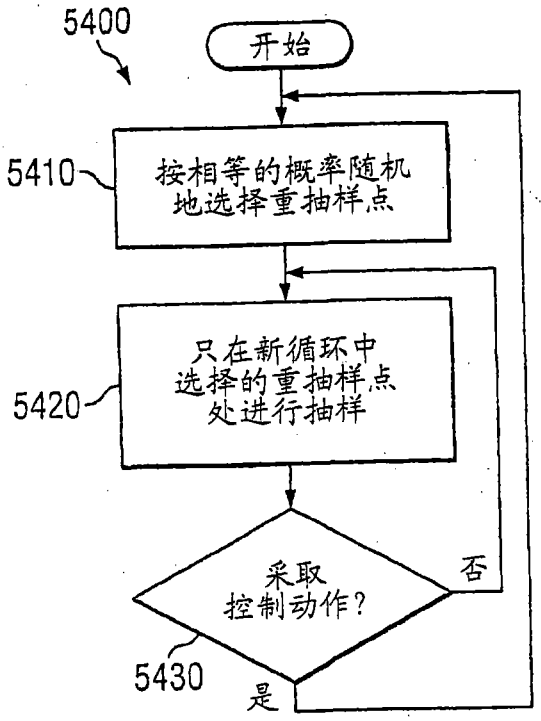


图 44

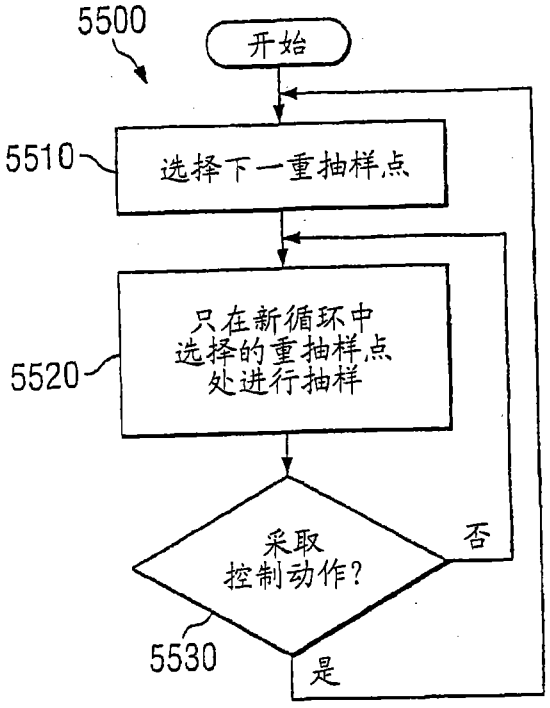


图 45

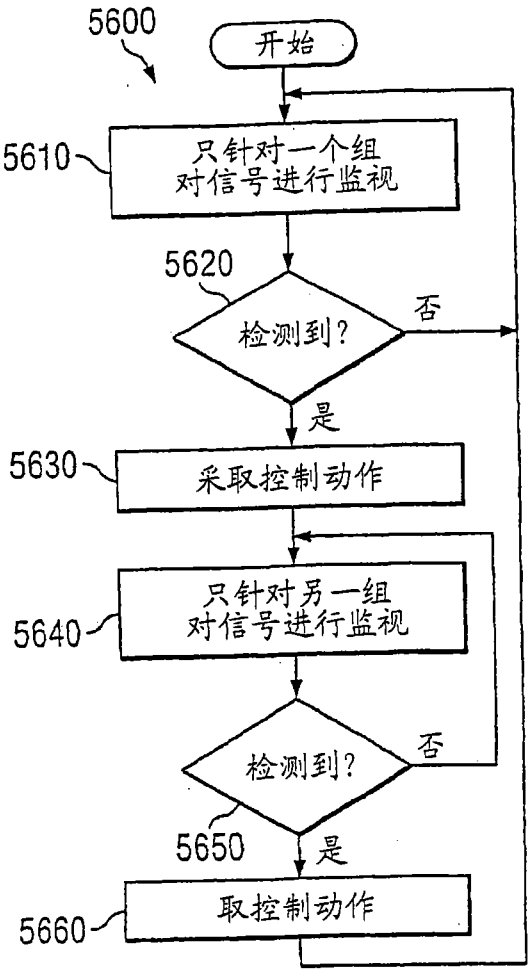


图 46

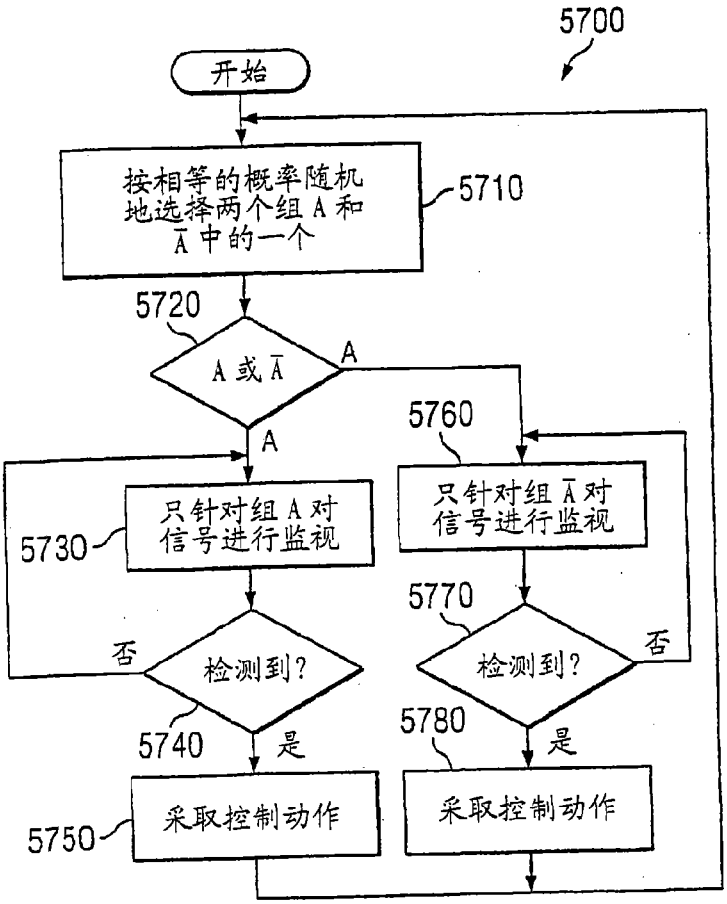

5700
开始
按相等的概率随机地选择两个组 A 和 $\bar{A}$ 中的一个
5710
5720
A 或 $\bar{A}$
A
A
5760
只针对组 $\bar{A}$ 对信号进行监视
5730
只针对组 A 对信号进行监视
5770
否
检测到?
否
检测到?
5740
是
5780
是
采取控制动作
5750
采取控制动作

图 47

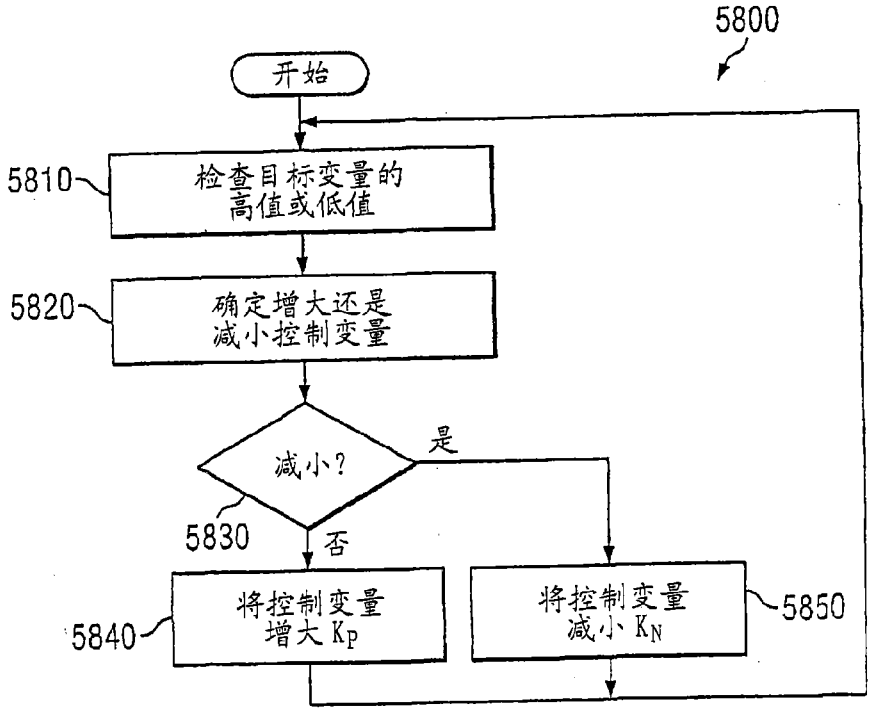

5800
开始
5810
检查目标变量的高值或低值
5820
确定增大还是减小控制变量
减小?
是
5830
否
将控制变量增大 K_P
5840
将控制变量减小 K_N
5850

图 48

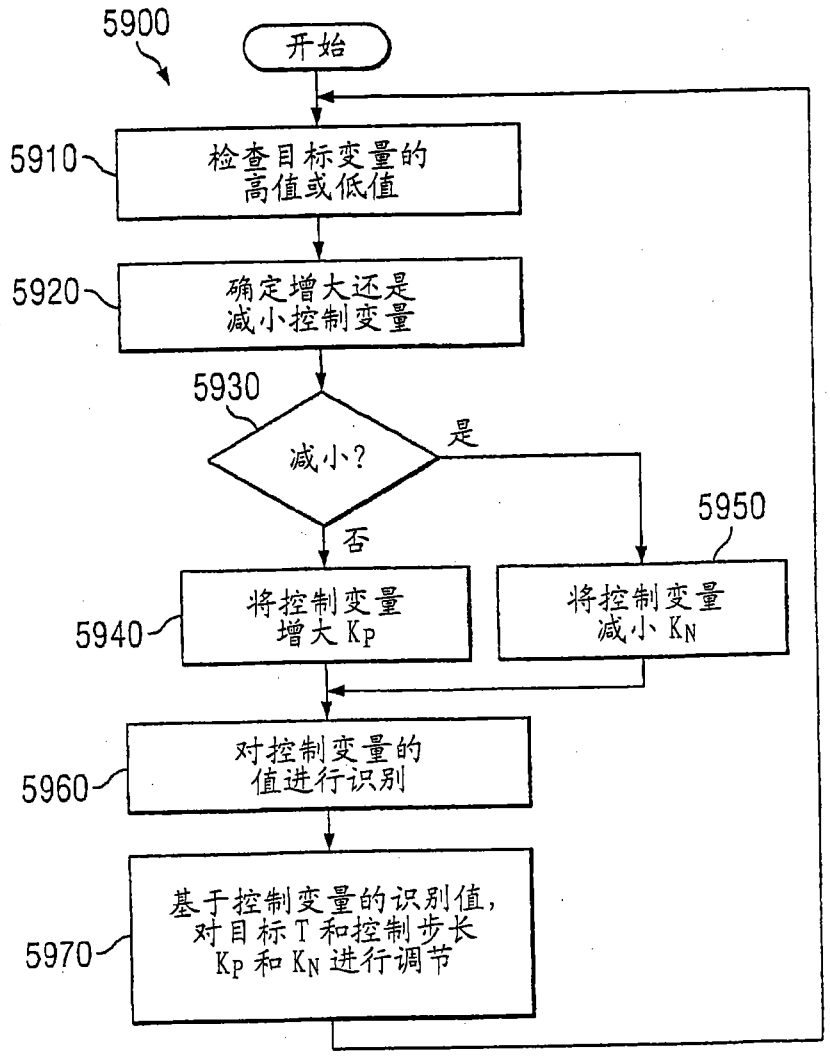

5900
开始
5910
检查目标变量的
高值或低值
5920
确定增大还是
减小控制变量
5930
减小?
是
否
5950
将控制变量
增大 KP
5940
将控制变量
减小 KN
对控制变量的
值进行识别
5960
基于控制变量的识别值,
对目标 T 和控制步长
KP 和 KN 进行调节
5970

图 49

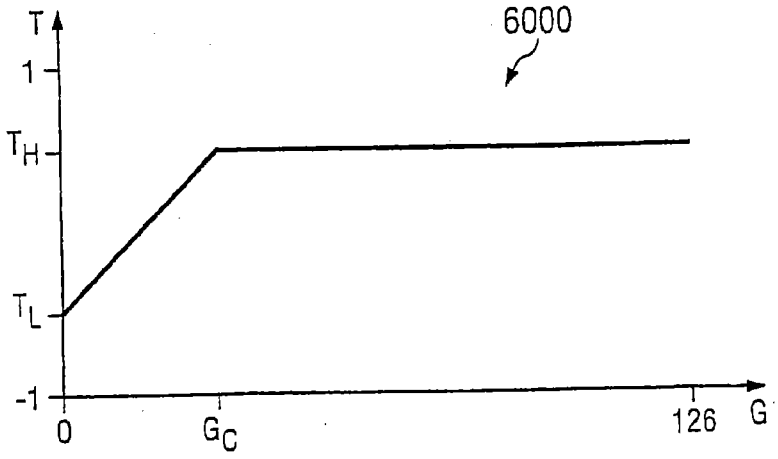

T
6000
1
TH
TL
-1
0
GC
126
G

图 50

6100

6110 高频增益代码（G）	6120 直流增益代码（G_0）	6130 一阶路径增益代码（G_1）
0	G_0MAX	0
1～62	G_0MAX	G
63	G_0MAX	63
64～62+G_0MAX	G_0MAX-(G-63) (G_0MAX-1～1)	63
63+G_0MAX～	0	63

6140 6140 6140

图 51

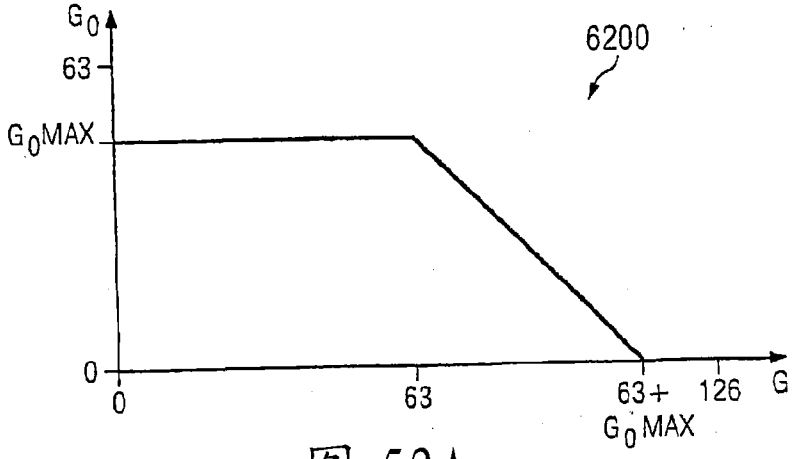


图 52A

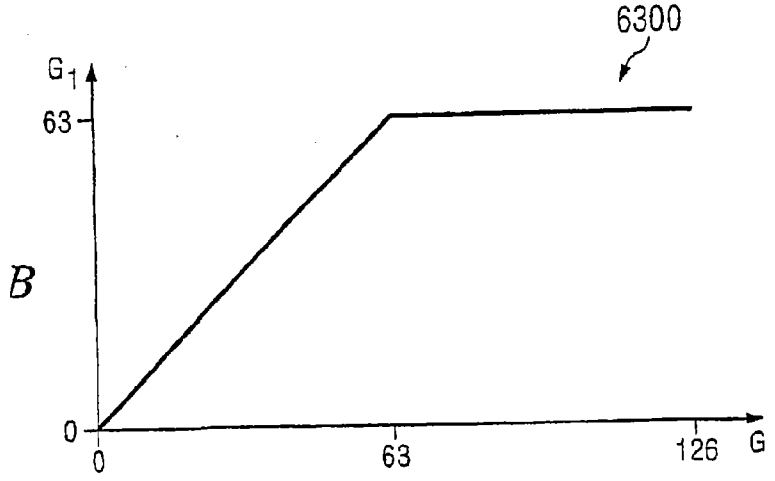


图 52B