[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H03M 7/00 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480022139.0

[45] 授权公告日 2009 年 5 月 13 日

[11] 授权公告号 CN 100488055C

[22] 申请日 2004.5.31
[21] 申请号 200480022139.0
[30] 优先权
[32] 2003. 5.30 [33] ES [31] P200301288
[86] 国际申请 PCT/ES2004/000224 2004.5.31
[87] 国际公布 WO2004/107584 西 2004.12.9
[85] 进入国家阶段日期 2006.1.28
[73] 专利权人 硅系统设计公司
地址 西班牙巴伦西亚
[72] 发明人 J·V·布拉斯科克拉雷特
J·C·里韦罗因苏亚
S·伊兰佐莫利内罗
A·加西亚桑何塞
[56] 参考文献
CN1249093A 2000.3.29
EP794621A2 1997.9.10
US6462682B2 2002.10.8
审查员 邓 隽
[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 吴立明 梁 永

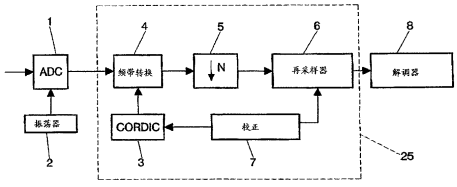
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 3 页

[54] 发明名称

在传输和接收数字频带转换的数字信号时进行再采样的方法

[57] 摘要

本发明涉及到在传输和接收数字频带转换的数字信号时进行再采样的方法。 根据本发明，在接收带通信号时进行再采样(25)，由此将信号转换(4)至含可配置频率的基带并将得到的基带信号引入到分样器(5)。 此外，在传输时进行再采样(26)，由此对基带信号进行内插(10)并接着转换(20)至含可配置频率的通带。 可以使用本发明方法来校正由数/模和模/数转换器(11 和 1)而引入的频率误差。另外，可以使用由频带转换和上述再采样所构成的组合来简化用来产生数字信号所采样的内插滤波器的复杂性。



1. 在传输和接收数字频带转换的数字信号时进行再采样的方法，该方法包括：传输时在时域中处理基带信号，频率转换，以产生射频信号，和利用数模转换器 DAC 进行的从数字到模拟域的射频信号的转换，以及在接收时利用模数转换器 ADC 进行的对该射频信号的采样，用来产生基带信号的频带转换以及在时域中对所述基带信号的处理；

其特征在于，

在传输时有选择地进行上述在时域中的处理，其中：

- 对基带信号进行再采样以得到所需的采样；

- 将再采样器的输出采样引入进存储器，在存储器中写速度是可变的，读速度是固定的；

- 对所述输出采样进行内插以提高采样频率；及

- 对数字信号的频带转换频率进行调整；

或者在接收时进行处理，在该处理中：

- 对数字信号的频带转换频率进行调整；

- 对所述射频信号进行分样以降低采样频率并消除复制采样；

- 对该基带信号进行再采样以得到所需的采样；及

- 通过以连续的方式增大接收器中硬件的尺寸来吸收再采样器的采样输出频率中的变化；

或者进行这两种处理的组合。

2. 根据权利要求 1 的在传输和接收数字频带转换的数字信号时进行再采样的方法，

其特征在于，

在不进行传输或传输一串零时对存储器的写和读位标有选择地重新初始化。

3. 根据权利要求 1 的在传输和接收数字频带转换的数字信号时进行再采样的方法，

其特征在于，

传输时在首次写入存储器后，当写速度大于读速度时立即开始读。

4. 根据权利要求 1 的在传输和接收数字频带转换的数字信号时进行再采样的方法，

其特征在于，

传输时当写速度小于读速度时在开始读之前写入一定数量的采样，所述采样数量依据所用的再采样因子和传输持续时间来算出。

5. 根据权利要求 1 的在传输和接收数字频带转换的数字信号时进行再采样的方法，

其特征在于，

存储器的容量依据最大传输时间和最大再采样因子来算出。

6. 根据权利要求 1 的在传输和接收数字频带转换的数字信号时进行再采样的方法，其中为了进行数字频带转换必须计算出至少一个正弦和至少一个余弦；

所述方法的特征在于，

所述计算是通过坐标旋转数字计算机 CORDIC 进行的。

7. 根据权利要求 1 的在传输和接收数字频带转换的数字信号时进行再采样的方法，

其特征在于，

在再采样器之前用设计所设置的整数值 M 对所述输出采样进行所述的内插，而在再采样器的输出端用同一因子对射频信号进行分样。

在传输和接收数字频带转换的数字信号时进行再采样的方法

技术领域

如本说明书的题目中所述，本发明涉及到在传输和接收数字频带转换的数字信号时进行再采样的方法，其能够对由电信系统中使用的数模和模数转换器所引入的频率误差进行校正。

本发明的方法简化了进行带通信号中再采样所需的电子学线路。

背景技术

在大多数电信系统中，在接收时由使用恒时采样频率的模数转换器对所传输的信号进行再采样。由于这一恒时采样频率并非严格地与传输频率相等，故必须对接收到的信号进行内插以便得到若这两个频率相等时将会接收到的采样，从而能够正确地解调先前所传输的数据。

Gardner 在“IEEE 通信学报，1993.6.Vol 41，No 6 的‘数字调制解调器中的内插’一文第一部分：基本原理”中提出了借助内插技术进行时间同步的原理，而在“IEEE 通信学报，1993.6.Vol 41， No 6 的‘数字调制解调器中的内插’一文第二部分：实现与性能”中提出了他关于利用数字滤波器实现内插器所进行的研究。

在所述参考文献中说明的内插结构呈现出诸多缺点。在主要缺点中最为突出的可能是应用在带通信号再采样中所需的内插滤波器的尺寸庞大且过于复杂。另外的缺点包括滤波器的工作频率非常之高以至使其实现起来非常昂贵。

实现专利目标的本发明对内插结构提出了一种改变，其有利于内插结构的实现并降低了滤波器的复杂性及其工作频率。另外，不只在接收时进行再采样，而且也在传输时进行再采样。

可以指明，在说明过程中使用了缩写 CORDIC（坐标旋转数字计算机），它是指为计算其物理实现最优化的数字函数的一种算法。这种算法在现有技术中是人所共知的，其解释未包括在本说明中。还使用缩写 DAC 和 ADC 来表示数模和模数转换器，而缩写 OFDM 则表示使用正交频分复用的调制。

发明内容

为了达到本发明的目的并避免以上所述的缺点，本发明包括在传

输和接收数字频带转换的数字信号时进行再采样的方法，具有选择地包括在传输、接收或二者组合时的处理技术。

接收时，处理技术包括接收时利用模数转换器（ADC）的信号采样，信号的频带转换，以及信号在时域中的处理。由于对大多数通信信道和带通信道来说，因为它们的作用而使信息在通带中传输，故在模数转换（ADC）后接收时对数字信号进行通带转换。本发明规定，在信号至基带的转换过程中在数字信号的频带转换频率下进行调整，而在该转换后对信号进行分样以降低采样频率并消除复制采样。在基带信号分样后，对信号重新采样以得到所要求的采样。

对再采样后接收时所完成的信号处理要连续地进行，而在再采样器之后的部件块必须能够吸收发自再采样器之信号输出频率中的变化，为此要进行硬件的尺寸增大。

在传输时的处理中，对基带信号进行再采样。再采样后，对信号进行内插以提高采样频率。然后，将信号进行频率转换来得到带通信号并将其馈送至数模转换器（DAC），在数模转换器中信号被转换成模拟信号供传输。在转换过程中，本发明规定要对数字信号的频带转换频率进行调整。

由于传输时从再采样器出来的采样数量是随时间而改变的，故在再采样器之后引入了一个存储器，其负责吸收再采样块的所有采样并将它们馈送至具有固定步调信号的内插块。换句话说，将采样引入到存储器所用的速度是可变的，而存储器的读速度则是固定的。

为了使传输时存储器操作得以加强，每当存储器不传输或传输零时，读和写的位标都将返回至其初始值。

另外，每当写速度高于读速度时，存储器在首写后就立即开始读出。

在读速度高于写速度时，在开始读存储器之前必须写一定数量的采样，所说的这一采样数量要根据所应用的再采样因子和传输持续时间来算出。

以最大传输时间和最大再采样因子为依据来计算存储器的容量使得引入到存储器的任何采样都不丢失。

另一方面，为了进行接收时通带到基带的转换以及传输时从基带到通带的转换，必须计算出使用 CORDIC 计算的至少一个正弦和一个余

弦。

在本发明为减少再采样器复杂性的一个实施方案中，传输和接收时在信号应用到再采样器的输入端之前用一整数值对其进行内插，而在再采样器的输出端则用同一因子对采样进行分样。

在本发明最重要的优点中突出的是：除了为易于滤波器的实现而降低了其工作频率之外还简化了对带通信号进行再采样时所必须的滤波器的结构；能够在传输时而不只是在接收时进行再采样；以及由于能够将 CORDIC 算法用于本发明方法，在把信号定位在所感兴趣的频带内时就获得了频率转换的实现，从而能够有很大的灵活性。

下面，为了便于更好地了解本技术说明并形成其一个完整的组成部分，技术说明中附加一些附图，通过图解说明（但不应视为限制），表明了本发明的目的。

附图说明

图 1，其示意性地示出接收时进行再采样的方框图。

图 2，其示意性的示出传输时进行再采样的方框图。

图 3，其示出位于传输时再采样器之后的有读和写位标的存储器。

图 4，其示出具有内插和分样功能的再采样块的实现方案。

具体实施方式

参照附图中所采用的标号，马上对本发明的实例予以说明。

在大多数通信系统中信号是在通带中传输的，换言之其占据了不包括零频率的频率范围。为便于传输和接收信号时所需电子学线路的实施，在基带中对信号进行内部处理，换句话说要在包括零的频率范围内进行处理，然后在传输时再转换至通带。接收时则进行相反的过程。

另外，在数字通信系统中，在分别用在传输和接收时的 DAC 和 ADC 转换器的采样频率之间总是存在误差。如果该误差大于其被应用的电信系统所能够允许的误差，那么就需要进行校正，而可以使用的技术之一就是再采样，它包括使用某些确定时刻的一序列采样以便得到与其他时刻相对应的采样。图 1 以一组部件块（25）表示出本实施方案实例中接收时的再采样过程。

这一再采样通常是在利用 ADC（1）对接收信号进行采样之后对带通信号直接进行的，换句话说是使用再采样器（6）直接进行的，这就

意味着所使用的电子学线路必须在由ADC转换器之振荡器（2）所产生的同一频率下工作，而且再采样滤波器必须有足够的带宽以便不使信号产生畸变。代替直接使用再采样器（6），本发明方法使用一组部件块（25）来达到信号的再采样且其具有上述的优点。传输时，其过程相似，只是用块组合（26）取代惯常使用的再采样器（16）以便进行遵循本发明方法的再采样。

在带通信号情况下，系统尺寸将增大，因为它在比工作在基带时将使用的频率要高得多的频率下工作。因此，接收时最好利用就在ADC（1）之后的频带转换块（4）进行基带转换。在本实施方案实例中，块（4）相当于两个乘法器，其中一个信号为正弦而另一信号为余弦。如在下面将要说明的那样，传输时也使用频带转换块（20），这一转换以类似的方式进行尽管是通过在加法器上相加来进行。这一频率转换是不固定的，因为它取决于引入到转换器中的误差，因此必须按照所要校正的误差对其进行调整。频率转换后，本发明用整数因子 N 进行信号的分样（5），以便降低分样器输出端的采样频率并消除伴随频带转换而出现的复制采样。这之后，进行信号的再采样。再采样器（6）在现有技术中是人所共知的，而且如发明背景中所引文章的第二部分所述，它可以以不同方式使用。通过在较低频率下工作（而且此频率也由分样因子 N 所决定），再采样滤波器的结构和实施方案都更为简单。图1还示出了块（7）和再采样器（6），块（7）负责确定要应用的频率校正，同时如已阐述的那样它还通过经CORDIC（3）的基带转换频率的变化而影响基带转换，所说的再采样器（6）是现有技术中人所共知的，在其输出端得到了数字采样，好像对在其输入端与数字信号相当的模拟信号进行了采样一样，其频率与对输入端信号进行采样所用的频率不同。

再采样器（6）输出端采样的频率由于应用了校正（7）而与输入端的频率有所不同，而信号的一些处理块（其中第一块就是位于再采样器之后的解调器（8））必须能够吸收这一变化。如果像在同步块的情况一样，处理从不能够停止的话，上述那点就尤为重要，因为采样的频率可能略大于那些同步块所使用的时钟频率，而这就迫使这些块的尺寸增大。在其他情况下，像在OFDM信号解调时所使用的DFT（离散傅里叶变换）中的情况一样，处理是不连续的，该变化则被吸收而

无严重后果。如果再采样器输出端采样的频率低于其输入端的采样频率，那么在输入端没有采样时停止解调器（8）就不意味着有任何问题。

传输时还可以以这样的方式进行信号的再采样，使得接收器接收到与其本身进行再采样时将得到的采样相同的采样。传输和接收时的再采样还可以以如下方式同时地进行，即使得由转换器所引入的误差在两个过程之间得到校正。

根据图 2 可以进行传输时的再采样，图中要传输的采样来自调制器（9）并传送至再采样器（16）。然后用整数因子 N 对信号进行内插（10）以便提高采样频率，同时前面已经提到，由于频带转换块（20）的作用而将信号转换至通带。最后，带通滤波器的采样传送至 DAC 转换器（11）。校正块（17）以与接收时相似的方式确定了要在再采样器和频带转换中应用的校正。另外，图 2 还示出了代表振荡器的块(19)，其为 DAC 和代表 DORDIC 电路的块（18）提供了频率。在本发明的另一实施方案中，若传输和接收在不同时刻进行，换句话说，如果在使用信道时进行时间分割，那么系统的一些块就能够重复使用，例如诸如对（3）和（8）使用同一个 CORDIC 块，（4）和（20）用一个转换块，（6）和（16）用一个再采样器，（7）和（17）用一个校正块，及（19）和（2）用一个振荡器；而块的作用调整到信号的传输和接收周期。

图 2 还示出了存储器（12），再采样器将其输出采样写入存储器，而内插器则从存储器中读出这些采样。两种操作使用循环指针（13）和（14）进行，换句话说，当达到存储器的最后位置时，接着便从第一位置继续。这个存储器的作用是吸收再采样器的采样输出与内插器输入之间的速度差。

在大多数通信系统中由于信通必须周期性的再同步、估算等，故传输时存在暂停。可以利用这些暂停取出存储信息腾空存储器并使指针数值重新初始化。一旦存储器腾空直至其开始工作都可以传输零。

在传输时的再采样中，如接收时出现的情况一样，可能有两种情况出现，其由要进行校正的符号而定。有时候接收时的采样频率会小于传输时的采样频率，这就表示传输时的再采样过程必须产生出比在输入端提供的采样更多的采样。在此种情况下，写入存储器的速度将大于读速度，因此有可能在首次写入后马上读出。

在其他情况下，接收时的采样频率大于传输时的采样频率，这就

表示传输时再采样过程把采样写入存储器要比将采样读出来得慢，在此情况下在开始读之前其要等待读指针（14）到达某一确定位置。这一数值由校正块（17）依据所应用的校正和传输的持续时间进行计算。在另一欠佳的实施方案中，在开始读之前存储器可等待至被填满。

在这两种情况下，校正块（17）是依据要做的校正来确定存储器所起作用的一个块，如图 2 所示。

图 3 表示出存储器及其读和写指针的图示。为了使读指针（13）在任何情况下都不在写指针（14）之前，必须在考虑最大传输持续时间和应用最大校正的情况下对存储器的容量进行计算。

对利用频带转换块（4）或（20）的频带转换来说。需要产生出某一特定频率的正弦和余弦。假定该过程在这一转换频率下进行调整，由于频率调整是通过改变将要应用在各采样中的角度增量来进行的，故必须使用有效的算法来计算可变角度的正弦和余弦。为此，使用 CORDIC 算法来计算任意角度的正弦和余弦。为了进行频率转换，将信号的采样利用某一角度的正弦和余弦进行倍频（4）或（20）。将此角度在每个采样中都增加模数 360 度，正是利用由校正块（7）或（17）所做的角度增量的变化而进行了转换频率的调整。

再采样滤波器在传输和接收时必须有足够的带宽以便不使信号发生畸变。依信号带宽和采样频率而定，可能出现的情况是这些滤波器实现就操作数量而言变得过于复杂，而且甚至不可能得到与技术说明相符合的滤波器。另外，在大多数通信系统中，对信号来说在符号的传输过程中其必须不发生改变，这点在使用 OFDM 调制的系统中极其重要。在再采样滤波器的实施方案中，滤波器的响应由于实际内插的作用在各采样中略有改变，这一改变对靠近滤波器阻带的频率其比较大，而这就可能影响到处于这些频率的信号。如从图 4 和上面已说明的种种情况可看到的那样，传输和接收时在再采样器（23）之前用固定因子 M（22）进行内插然后用 M（24）进行分样，这可能是更好的一种选择。再采样器（6）和（16）可以用图 4 中所示的内插器（22），再采样器（23）和分样器（24）的组合来代替。这样，信号的最大数字频率将被除以 M，而再采样滤波器技术说明的产生将更简单，尽管滤波器不得不在大 M 倍的频率下工作。这种实现方法的优点之一是，在再采样之后利用 M 进行的分样由于没有要滤波信号的复制采样而只包括在

每 M 个采样中取出一个采样，换句话说，这并不意味着有任何额外的计算。另外，也无需计算被去除的采样，这就表示再采样器（6），（16）或（23）的实现能够简化。如图 4 中用块（15）所示的情况，块（15）把再采样器和分样器组合到了一起。通过对再采样滤波器的简化，就所要进行的操作数量而言，使用含内插和再采样的这种结构要比直接使用再采样结构时可以得到更为优化的解决方案。

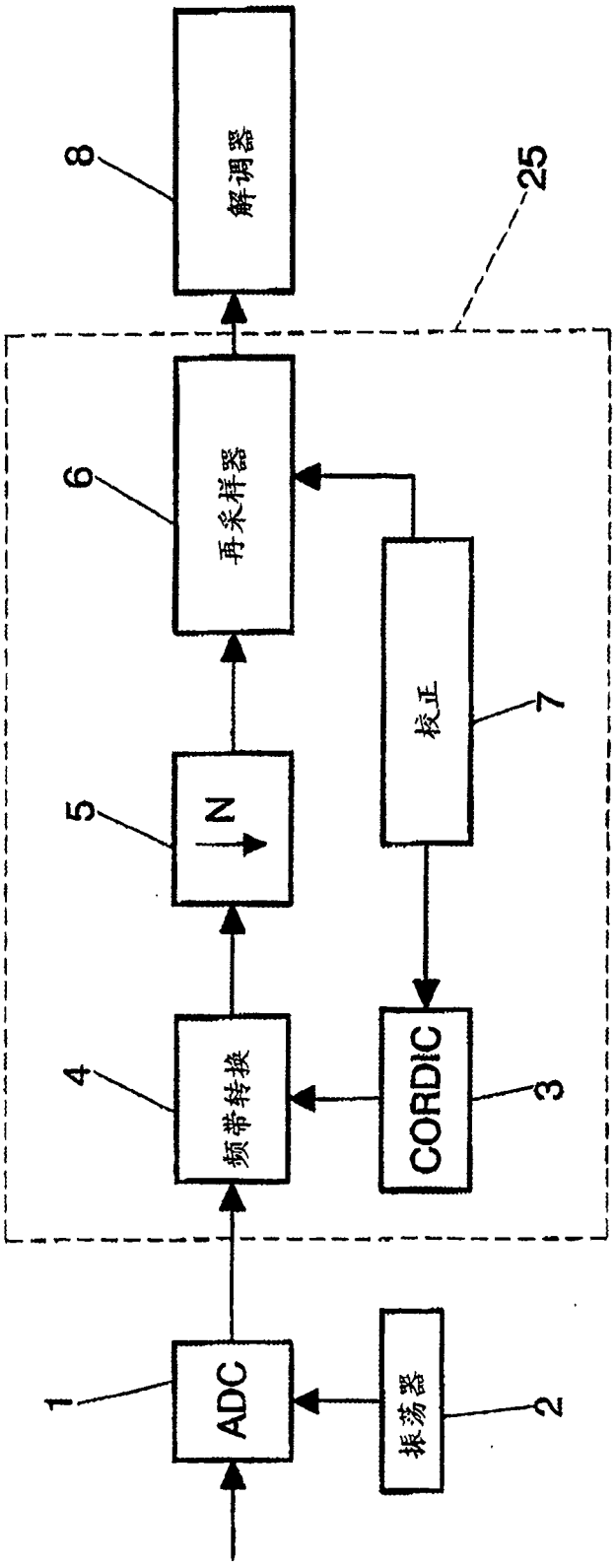


图 1

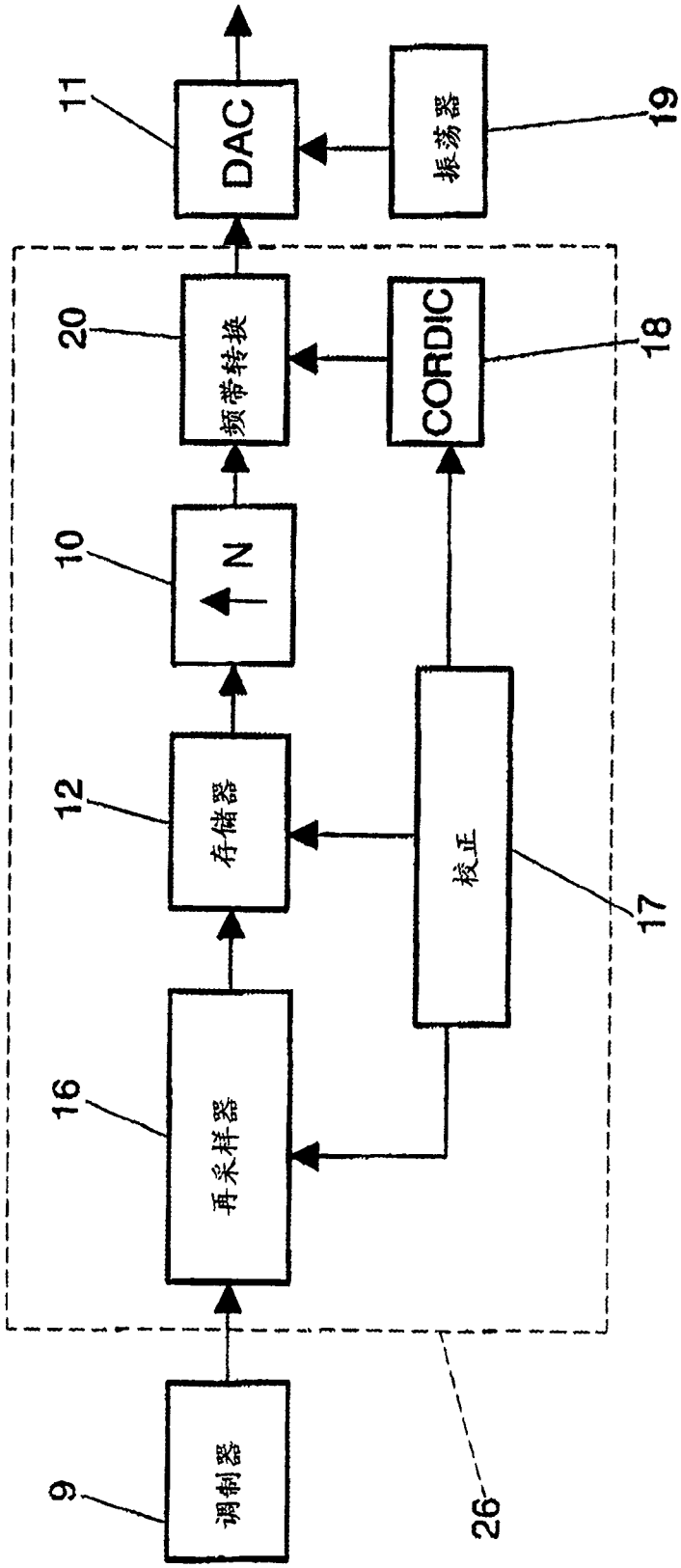


图 2

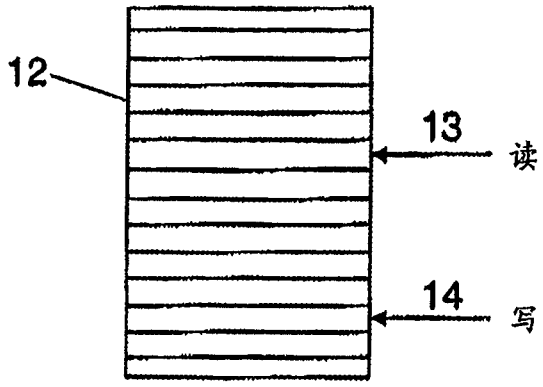


图 3

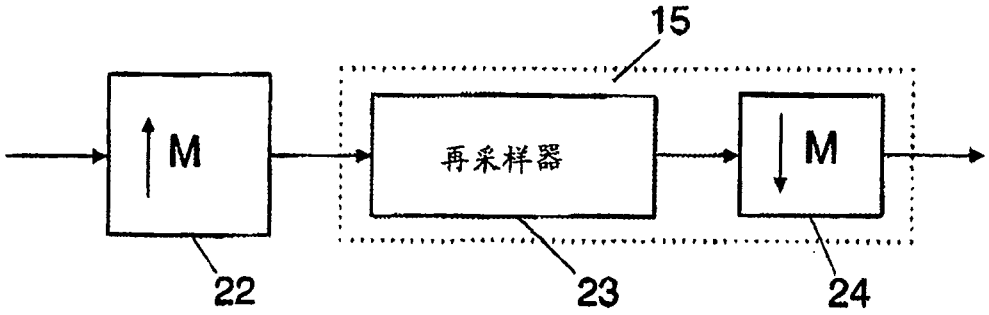


图 4