



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101536316 B

(45) 授权公告日 2013. 07. 31

(21) 申请号 200780030893. 2

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2007. 08. 21

H03M 1/08 (2006. 01)

(30) 优先权数据

(56) 对比文件

60/839, 307 2006. 08. 22 US

US 6452996 B1, 2002. 09. 17,

11/725, 261 2007. 03. 19 US

US 6262943 B1, 2001. 07. 17,

(85) PCT申请进入国家阶段日

审查员 刘佳

2009. 02. 19

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/018450 2007. 08. 21

(87) PCT申请的公布数据

W02008/024327 EN 2008. 02. 28

(73) 专利权人 美国亚德诺半导体公司

地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 阿兰·V·盖里

罗伯特·约翰·布雷韦尔

迈克尔·C·W·科尔恩

科林·格拉尔德·莱登

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 金晓

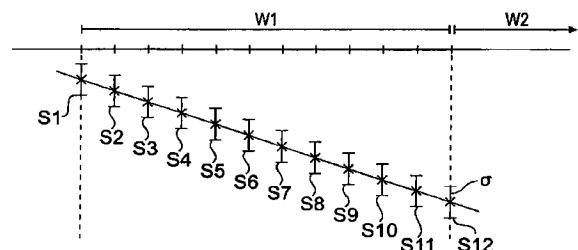
权利要求书2页 说明书11页 附图7页

(54) 发明名称

用于确定信号变化的方法和包括设置为实施该方法的电路的装置

(57) 摘要

一种估算变量在测量窗口中的变化的方法, 包括以下步骤: 在测量窗口中取得变量的多个样本; 定义与各个样本相关的权重, 所述权重作为所述样本在测量窗口内的位置的函数而变化; 在考虑所述样本的权重的情况下对所述样本进行处理以形成对所述变量中的变化的估算。



1. 一种估算积分器输出变量在测量窗口中的变化的方法,包括以下步骤:

a) 在所述测量窗口中取得所述变量的多个样本;

b) 定义与各个样本相关的权重,各个权重是所述样本在所述测量窗口内的位置的预定函数,所述权重在朝向所述测量窗口的边缘处比所述窗口的中央区域处具有更大的量值,所述权重用于修改所述样本;

c) 在考虑所述样本的权重的情况下对所述样本进行处理以形成对所述变量中的变化的估算,

其中所述测量窗口被细分为第一部分和第二部分,并且其中在所述第一部分中的至少一个测量值与所述第二部分中的至少一个测量值之间形成差值。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其中通过权重值对各个测量值进行修改。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其中将来自所述第一部分的测量值与来自所述第二部分的测量值组对以形成对变量中的变化的估算,并且计算至少两个估算的平均值。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其中根据所述测量值各自的权重对所述测量值进行加权,并且对加权后测量值进行组合以形成平均测量值。

5. 如权利要求 4 所述的方法,其中对第一组多个加权后测量值进行组合以形成第一平均测量值,对第二组多个加权后测量值进行组合以形成第二平均测量值,并且使用所述第一和第二平均测量值来估算所述变量中的变化。

6. 如权利要求 5 所述的方法,其中根据所述第一和第二平均测量值之间的差值来估算所述变量中的变化。

7. 如权利要求 6 所述的方法,其中对所述变量的变化率的估算还考虑了所述第一平均测量值和第二平均测量值之间的空间或时间的间隔。

8. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述权重的量值为 1 或 0。

9. 如权利要求 1 所述的方法,其中权重作为所述测量窗口内的位置的函数而单调变化。

10. 如权利要求 1 所述的方法,其中在测量窗口内形成通过所述样本各自的权重进行修改的样本的连续求和。

11. 如权利要求 1 所述的方法,其中将样本组对,并且所述处理考虑了各对中的样本之间的间隔。

12. 如权利要求 1 所述的方法,其中根据多个参数选择所述测量窗口内的样本,其中第一参数表示测量窗口内的样本的数量,第二参数表示从所述测量窗口的各个端部选择的样本的数量,以及第三参数表示组对的样本之间的间隔。

13. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述样本中的一个或更多个由外部事件触发产生,使得所述样本中的所述一个或更多个在与前一个样本的间隔不同于其它预期的间隔处取得,并且其中所述方法考虑了间隔中的变化。

14. 如权利要求 1 所述的方法,其中计算了比例调整系数,所述比例调整系数是所使用的样本对的数量和样本对之间的间隔的函数。

15. 如权利要求 14 所述的方法,其中响应于在不同于预期样本间隔的时刻出现的样本来对所述比例调整系数进行修改。

16. 一种用于估算测量窗口内的被测变量中的变化的装置,包括:

a) 用于在所述测量窗口中取得所述被测变量的多个样本的模拟数字转换器；

b) 用于根据与各个样本相关的权重对样本值进行处理的处理单元，所述权重是所述样本在测量窗口内的位置的预定函数，所述权重在朝向所述测量窗口的边缘处比所述测量窗口的中央处具有更大的量值，

其中所述测量窗口被细分为第一部分和第二部分，在测量窗口中所述处理单元保持通过样本值的权重进行修改的样本值的连续求和，并且

其中将所述第一部分内的样本加到所述连续求和上，而从所述连续求和中减去所述第二部分内的样本，或从所述连续求和中减去所述第一部分内的样本，而将所述第二部分内的样本加到所述连续求和上。

17. 如权利要求 16 所述的装置，其中所述权重作为所述测量窗口内的位置的函数而单调变化。

18. 如权利要求 17 所述的装置，其中以参数化形式描述了所述权重变化的方式。

19. 如权利要求 16 所述的装置，其中所述被测变量为积分器的输出。

20. 如权利要求 16 所述的装置，与计算机化断层摄影扫描仪相结合，其中所述装置被设置为对检测器内的电流的积分测量值进行取样并提供表示各个测量窗口中的电流的输出。

21. 如权利要求 16 所述的装置，其中所述装置被设置为基于第一参数、第二参数、第三参数、第四参数来选择用于组合的样本，所述第一参数描述了出现在各个测量窗口内的样本的数量，所述第二参数描述了要被包括在第一样本集中的样本的数量和要被包括在第二样本集中的样本的数量，所述第三参数描述了所述第一样本集和所述第二样本集之间的间隔，所述第四参数表示从所述测量窗口的各个端部选择的样本的数量。

22. 如权利要求 16 所述的装置，还被设置为补偿对在所述测量窗口中取得的所述样本的不规则取样。

## 用于确定信号变化的方法和包括设置为实施该方法的电路的装置

[0001] 本发明涉及一种用于确定一时段中的信号变化或过取样信号的梯度的方法,以及一种包括用于确定过取样信号的梯度或变化的电路的装置。

### 背景技术

[0002] 常常希望能够通过在时间上对例如电流等参数进行积分来对其进行估算。积分的斜率表示电流的平均值。然后,对平均值进行数字化,例如,通过在第一时间和第二时刻对其进行取样,并对两个值进行相减运算以获得差值,因此推导出取样时段内的梯度。依赖于一个或两个这样的样本可使测量易于受到噪声的影响。虽然对信号进行过取样可提供参数测量中的改善,但是过取样可引起计算开销。

### 发明内容

[0003] 根据本发明的第一方面,提供一种估算变量在测量窗口中的变化的方法,包括以下步骤:

[0004] a) 在测量窗口内取得所述变量的多个样本;

[0005] b) 定义与各个样本相关的权重,所述权重作为所述样本在测量窗口内的位置的函数而变化;

[0006] c) 在考虑所述样本的权重的情况下对所述样本进行处理以形成对所述变量中的变化的估算。

[0007] 根据本发明的第二方面,提供一种用于估算测量窗口内的被测变量中的变化的装置,包括以下步骤:

[0008] a) 在测量窗口内取得被测变量的多个样本,以及

[0009] b) 根据与各个样本相关的权重对所述样本值进行处理,所述权重作为所述样本在测量窗口内的位置的函数而变化。

[0010] 因此,可在使用能够在专用硬件中实施的计算上简单的技术的同时提高变量/被测变量的估算的信噪比。

[0011] 其中,测量窗口的长度可随时间变化,这或许是因为测量窗口表示来自计算机化断层摄影扫描仪的“视图”并且扫描头易于受到速度变化的影响,则可能需要考虑各个样本在时间上非均匀分隔开这一事实。

[0012] 根据本发明的第三方面,提供一种选择用于组合的样本以形成对被测变量的估算的方法,所述样本顺序出现,其中第一参数定义计算窗口的长度,第二参数定义从所述计算窗口的相对端部选择的测量值的数量,而第三参数定义从所述计算窗口的相对端部选择的样本之间的间隔。

[0013] 根据本发明的又一方面,提供一种估算积分器输出变量在测量窗口中的变化的方法,包括以下步骤:

[0014] a) 在所述测量窗口中取得所述变量的多个样本;

[0015] b) 定义与各个样本相关的权重,各个权重是所述样本在所述测量窗口内的位置的预定函数,所述权重在朝向所述测量窗口的边缘处比所述窗口的中央区域处具有更大的量值,所述权重用于修改所述样本;

[0016] c) 在考虑所述样本的权重的情况下对所述样本进行处理以形成对所述变量中的变化的估算,

[0017] 其中所述测量窗口被细分为第一部分和第二部分,并且其中在所述第一部分中的至少一个测量值与所述第二部分中的至少一个测量值之间形成差值。

[0018] 优选地,通过权重值对各个测量值进行修改。

[0019] 优选地,将来自所述第一部分的测量值与来自所述第二部分的测量值组对以形成对变量中的变化的估算,并且计算至少两个估算的平均值。

[0020] 优选地,根据所述测量值各自的权重对所述测量值进行加权,并且对加权后测量值进行组合以形成平均测量值。

[0021] 优选地,对第一组多个加权后测量值进行组合以形成第一平均测量值,对第二组多个加权后测量值进行组合以形成第二平均测量值,并且使用所述第一和第二平均测量值来估算所述变量中的变化。

[0022] 优选地,根据所述第一和第二平均测量值之间的差值来估算所述变量中的变化。

[0023] 优选地,对所述变量的变化率的估算还考虑了所述第一平均测量值和第二平均测量值之间的空间或时间的间隔。

[0024] 优选地,权重的量值为 1 或 0。

[0025] 优选地,权重作为所述测量窗口内的位置的函数而单调变化。

[0026] 优选地,在测量窗口内形成通过所述样本各自的权重进行修改的样本的连续求和。

[0027] 优选地,将样本组对,并且所述处理考虑了各对中的样本之间的间隔。

[0028] 优选地,根据多个参数选择所述测量窗口内的样本,其中第一参数表示测量窗口内的样本的数量,第二参数表示从所述测量窗口的各个端部选择的样本的数量,以及第三参数表示组对的样本之间的间隔。

[0029] 优选地,所述样本中的一个或更多个由外部事件触发产生,使得所述样本中的所述一个或更多个在与前一个样本的间隔不同于其它预期的间隔处取得,并且其中所述方法考虑了间隔中的变化。

[0030] 优选地,计算了比例调整系数,所述比例调整系数是所使用的样本对的数量和样本对之间的间隔的函数。

[0031] 优选地,响应于在不同于预期样本间隔的时刻出现的样本来对所述比例调整系数进行修改。

[0032] 根据本发明的又一方面,提供一种用于估算测量窗口内的被测变量中的变化的装置,包括:

[0033] a) 用于在所述测量窗口中取得所述被测变量的多个样本的模拟数字转换器;

[0034] b) 用于根据与各个样本相关的权重对所述样本值进行处理的处理单元,所述权重是所述样本在测量窗口内的位置的预定函数,所述权重在朝向所述测量窗口的边缘处比所述测量窗口的中央处具有更大的量值,

[0035] 其中所述测量窗口被细分为第一部分和第二部分,在测量窗口中所述处理器保持通过样本值的权重进行修改的样本值的连续求和,并且其中将所述第一部分内的样本加到所述连续求和上,而从所述连续求和中减去所述第二部分内的样本,或从所述连续求和中减去所述第一部分内的样本,而将所述第二部分内的样本加到所述连续求和上。

[0036] 优选地,权重作为所述测量窗口内的位置的函数而单调变化。

[0037] 优选地,以参数化形式描述了所述权重变化的方式。

[0038] 优选地,被测变量为积分器的输出。

[0039] 优选地,与计算机化断层摄影扫描仪相结合,其中所述装置被设置为对检测器内的电流的积分测量值进行取样并提供表示各个测量窗口中的电流的输出。

[0040] 优选地,所述装置被设置为基于第一参数、第二参数以及第三参数来选择用于组合的样本,所述第一参数描述了出现在各个测量窗口内的样本的数量,所述第二参数描述了要被包括在第一样本集中的样本的数量和要被包括在第二样本集中的样本的数量,所述第三参数描述了所述第一样本集和所述第二样本集之间的间隔。

[0041] 优选地,该装置还被设置为补偿对所述样本的不规则取样。

[0042] 根据本发明的又一方面,提供一种用于估算测量窗口内的被测变量中的变化的装置,包括:

[0043] a) 用于在所述测量窗口中取得所述被测变量的多个样本的模拟数字转换器;以及

[0044] b) 用于根据与各个样本相关的权重对所述样本值进行处理的处理器的处理器,每个权重是相关的所述样本在测量窗口内的位置的预定函数,所述权重在朝向所述测量窗口的边缘处比所述测量窗口的中央处具有更大的量值,其中所述装置被设置为基于第一参数、第二参数以及第三参数来选择用于组合的样本,所述第一参数描述了出现在各个测量窗口内的样本的数量,所述第二参数描述了要被包括在第一样本集中的样本的数量和要被包括在第二样本集中的样本的数量,所述第三参数描述了所述第一样本集和所述第二样本集之间的间隔。

## 附图说明

[0045] 下文将仅通过示例的方式来参照附图对本发明进行深入的描述,在附图中:

[0046] 图 1 示意性地示出了取样窗口 W1 内的过取样信号的多个样本;

[0047] 图 2a 和 2b 分别示意性地示出了图 1 的样本中的样本 S1 和 S12 之间以及 S1 和 S8 之间的梯度的计算,连同对梯度中的误差计算的影响;

[0048] 图 3 示意性地示出了从样本进行子选择以计算平均样本值的效果;

[0049] 图 4a 再现了来自图 1 的过取样的图示,而图 4b 至 4e 示出了要被应用于样本窗口 W 内的加权函数的示例;

[0050] 图 5 示意性地示出了包括适合于实施本发明的方法的处理器的装置;

[0051] 图 6a 至 6d 示出了图 4b 至 4e 中所示的加权函数的替代图示;

[0052] 图 7 示出了样本序列,其中对于各测量窗口内的最后一个样本而言发生了样本间时段的延伸;以及

[0053] 图 8a 和 8b 说明了样本序列的参数化方案。

### 具体实施方式

[0054] 假设我们具有被设置以规则的取样速率进行取样的 ADC(模拟数字转换器),使得我们获得系列的测量值  $(x_1, y_1), (x_2, y_2) \dots (x_n, y_n)$ , 且其中我们还假设  $y$  值中的每个具有测量误差  $\sigma_i$ , 但是为了简单起见, 我们假设可认为各个  $x$  值是无误差的。

[0055] 若希望将测量值拟合到下式所表示的直线:

$$[0056] \quad y = a + bx$$

[0057] 则可使用下列卡方函数 (chi-squared function), 其中

$$[0058] \quad \chi^2(a, b) = \sum_{i=1}^N \left( \frac{x_i - a - bx_i}{\sigma_i} \right)^2$$

[0059] 在不存在测量误差的情况下, 由于可将对于参数  $a$  和  $b$  的导数最小化, 因此可估算  $a$  和  $b$  的值。

$$[0060] \quad \frac{\delta \chi^2}{\delta a} = 0 = -2 \sum_i \frac{y_i - a - bx_i}{\sigma_i^2}$$

$$[0061] \quad \frac{\delta \chi^2}{\delta b} = 0 = -2 \sum_{i=1}^N \frac{x_i (y_i - a - bx_i)}{\sigma_i^2}$$

[0062] 然后, 还已知 (参见, 例如, “Numerical recipes in C: the art of scientific computing”, 第 662 页, ISBN 0-521-43105-5), 可做出下列定义:

$$[0063] \quad S = \sum_{i=1}^N \frac{1}{\sigma_i^2}$$

$$[0064] \quad Sx = \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{\sigma_i^2}$$

$$[0065] \quad Sy = \sum_{i=1}^N \frac{y_i}{\sigma_i^2}$$

$$[0066] \quad Sxx = \sum_{i=1}^N \frac{x_i^2}{\sigma_i^2}$$

$$[0067] \quad Sxy = \sum_{i=1}^N \frac{x_i y_i}{\sigma_i^2}$$

[0068] 然后, 若假设

$$[0069] \quad \Delta = SS_{xx} - (Sx)^2$$

[0070] 则得到

$$[0071] \quad a = \frac{SxxSy - SxSxy}{\Delta}$$

$$[0072] \quad b = \frac{SSxy - SxSy}{\Delta}$$

[0073] 为了简单起见, 假设我们具有 10 个样本, 且假设  $\sigma_i$  为常数。

[0074] 我们可见：

[0075]  $-S$  的计算需要乘法、除法和 10 次加法或又一次的乘法。若可假设  $\sigma$  对于测量窗口均相同,则此值只需被计算一次；

[0076] 若从  $S$  的先前计算中预先计算出  $\frac{1}{\sigma_i^2}$ ,则可简化  $S_x$  的计算。若是这种情况,则可简化为 10 次乘法和 10 次加法；

[0077]  $-S_y$  的计算可类似地简化为 10 次乘法和 10 次加法；

[0078]  $-S_{xx}$  的计算也可简化为 20 次乘法和 10 次加法；

[0079]  $-S_{xy}$  的计算也可简化为 20 次乘法和 10 次加法。

[0080]  $\Delta$  的计算为进一步的 2 次乘法和 1 次减法。 $a$  和  $b$  的计算各为进一步的 2 次乘法、1 次减法和 1 次除法。

[0081] 因此,为了从十个样本估算  $a$  和  $b$  的值,需要 50 次加法、67 次乘法、3 次除法和 3 次减法。即使只需要梯度  $b$ ,仍必须计算  $S$ 、 $S_x$ 、 $S_y$ 、 $S_{xx}$  和  $S_{xy}$ ,因此实际上并没有节省处理能力。

[0082] 此外,即使  $\frac{1}{\sigma^2}$  被简化为相等的单位,  $b$  的估算仍涉及 50 次加法和 20 次以上的乘法。这在计算上花费很大并且还需要众多的存储器来保持中间值。这不适用于实时处理大量并行数据流的系统。

[0083] 在不存在噪声的情况下,则实际上没有测量误差(除量化误差以外),就可允许仅选取两个测量值并用一个测量值减去另一个测量值,因此潜在地避免上文所描述的最小平方法的开销。

[0084] 然而,在存在噪声的情况下,这样简单处理的结果可导致误差。

[0085] 参考图 1。此处存在样本窗口  $W_1$ ,其中选取多个样本,本示例中为  $S_1$  至  $S_{12}$ 。各个样本具有误差  $\sigma$ ,使得存在各个样本处于距其标称值  $\pm \sigma$  范围内(通常,95%的样本满足此条件)的统计概率。

[0086] 发明人已注意到,其它因素将影响梯度计算中的误差。若现在参考图 2a 和 2b,则可以发现最终结果中的误差,即,起始值和最终值之间的差值线的梯度的误差,不仅取决于测量中的个体误差,而且取决于测量点之间的距离。

[0087] 图 2a 对样本  $S_1$  和  $S_{12}$  进行了比较。这些样本在  $x$  轴(其可表示时间或距离或旋转的量)上间隔 11 个单位。

[0088] 因此,如由链线 20 所表示的梯度为

$$[0089] \quad b = \frac{S_1 - S_{12}}{11}$$

[0090] 然而,与测量值相关的误差可意味着实际梯度  $b'$  可能或应该由点线 22 表示

$$[0091] \quad b' = \frac{(S_1 - \sigma) - (S_{12} + \sigma)}{11}$$

[0092]  $\therefore$  梯度的差值或误差可为

$$[0093] \quad \Delta b = \frac{2\sigma}{11} = 0.1818\sigma$$



[0094] 类似的考虑事项适用于图 2b

$$[0095] \quad b = \frac{S_1 - S_8}{7} = \frac{S_1 - S_{12}}{11}$$

$$[0096] \quad b' = \frac{(S_1 - \sigma) - (S_8 + \sigma)}{7}$$

[0097] 所以

$$[0098] \quad \Delta b = \frac{2\sigma}{7} = 0.2857\sigma$$

[0099] 因此,随着测量值之间的“距离”减小,梯度的估算受到更多的由  $\Delta b$  表示的不确定性的影响。

[0100] 然而,已知通过采用信号的多个样本可减小噪声的影响,这是因为信号功率随着所采用的样本的数量线性增大,而高斯噪声的噪声功率作为所采用的样本的数量的平方根而增大。

[0101] 由于采集约束条件 (acquisition constraints),可能不能在点  $S_1$  和  $S_{12}$  处取得多个样本,但是可在测量窗口内取得多个样本。

[0102] 然而,需要以计算上简单的方式对所述样本进行处理。发明人已实现通过样本值的纯粹加法和减法来获得对梯度的可接受的估算,其中所述样本值依照通过加权函数进行修正的样本值而定。

[0103] 如果参考图 3,已采用值  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_{11}$  和  $S_{12}$  用于处理。

[0104] 可计算  $S_1$  和  $S_2$  的平均值以给出新的样本 SA,其可被视为处于  $x$  坐标 =  $\frac{1}{2}$ ,

$$y \text{ 坐标} = \frac{S_1 + S_2}{2}, \text{ 即, } \left( \frac{x_1 + x_2}{2}, \frac{y_1 + y_2}{2} \right).$$

[0105] 类似地,可计算  $S_{11}$  和  $S_{12}$  的平均值以给出新的样本 SB,其可被视为  $x = 10.5$ ,

$$y = \frac{S_{11} + S_{12}}{2}, \text{ 即, } \left( \frac{x_{11} + x_{12}}{2}, \frac{y_{11} + y_{12}}{2} \right).$$

$$[0106] \quad \therefore \text{梯度} \quad \mathbf{b} = \mathbf{SB} - \mathbf{SA} = \frac{\frac{S_{11} + S_{12}}{2} - \frac{(S_1 + S_2)}{2}}{10.5 - 0.5}.$$

[0107] 梯度计算将与图 2a 和 2b 所作计算的相同,且由实线 30 表示。

[0108] 若现在考虑到误差  $\sigma$  的影响已减小  $\frac{\sqrt{2}}{2}$ ,但是合成样本 SA 和 SB 之间的距离从图 2a 情况下的 11 减小到 10。

$$[0109] \quad \Delta b = \frac{\sqrt{2}\sigma}{2.10} = 0.0707\sigma$$

[0110] 若现在包括  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$  和  $S_{10}$ 、 $S_{11}$ 、 $S_{12}$ ,则  $\sigma$  的值减少到  $\frac{\sqrt{3}}{3}$ ,且有效距离减少到 9 个

单位

$$[0111] \quad \therefore \Delta b = \frac{\sqrt{3}}{3} \times \frac{\sigma}{9} = 0.06415\sigma$$

[0112] 若现在包括与  $S_9, S_{10}, S_{11}, S_{12}$  相对的  $S_1, S_2, S_3$  和  $S_4$ , 则  $\sigma$  的值减少到  $\frac{\sqrt{4}}{4}$ , 且有效距离减少到 8, 所以

$$[0113] \quad \Delta b = \frac{\sqrt{4}}{4} \times \frac{\sigma}{8} = 0.0625\sigma$$

[0114] 若现在包括  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5$  与  $S_8, S_9, S_{10}, S_{11}$  和  $S_{12}$ , 则  $\sigma$  的值减少  $\frac{\sqrt{5}}{5}$ , 且有效距离减少到 7, 所以

$$[0115] \quad \Delta b = \frac{\sqrt{5}}{5} \times \frac{\sigma}{7} = 0.0639\sigma$$

[0116] 可发现, 尽管包括了更多的样本, 但是与各个样本集中使用四个样本的情况相比, 梯度的误差增大。

[0117] 若将所有样本组对成  $S_1$  至  $S_6$  和  $S_7$  至  $S_{12}$ , 则对于各个合成样本误差将减小  $\frac{\sqrt{6}}{6}$ , 且合成样本之间的有效距离为 6, 所以

$$[0118] \quad \Delta b = \frac{\sqrt{6}}{6} \times \frac{\sigma}{6} = 0.0680\sigma$$

[0119] 这比只使用  $S_1, S_2, S_3$  与  $S_{10}, S_{11}$  和  $S_{12}$  的情况更差。

[0120] 这表明了令人吃惊的结果: 使用较多的样本可使对梯度的估算恶化。

[0121] 认识到此之后, 发明人提出应对各种读数的作用进行加权, 使得可忽略来自一些样本的作用。

[0122] 在 X 和 Y 两个方向上进行所述加权使得合成样本点的位置反映样本中的每个对它的相对作用。

[0123] 在高吞吐量数字系统中, 易于实施的加权函数是有益的。图 4b 示出了一个尤其易于实施的加权函数, 其中所述加权函数具有 0 或 1 的值。在图 4b 所示的示例中, 对于样本  $S_1, S_2, S_3$  与  $S_{10}, S_{11}$  和  $S_{12}$ , 加权函数的值为 1。对于所有其它样本, 加权函数的值为 0。加权函数以取样窗口的中点为中心对称。可在使用加法器来保持样本值的连续求和 (running total) 的硬件中完全实施此函数。因此, 对于单通道, 可在窗口的开始对硬件加法器进行初始化, 然后可随着窗口上时间的流逝对  $S_1, S_2$  以及  $S_3$  进行求和。硬件加法器然后忽略样本  $S_4$  至  $S_9$ , 接着设定为递减模式, 使得当样本  $S_{10}$  到达时, 将其从当前保持的  $S_1, S_2$  以及  $S_3$  的总和中减去。随后当样本  $S_{11}$  出现时, 也将其从当前的总和中减去, 且最终当样本  $S_{12}$  出现时, 也将其减去。于是硬件加法器的输出表示对梯度的成比例的估算。在本示例中, 硬件加法器中的值将表示在  $S_2$  和  $S_{11}$  之间有效测量的梯度。因此, 需要对输出进行比例调整, 例如通过以常数进行的数字乘法, 以便将输出比例调整为从  $S_1$  减去  $S_{12}$  时其应当出现的值。随后, 可将此值传输到下游处理电路, 所述处理电路一直期待着对应于仅从  $S_1$  减去  $S_{12}$  的单个值。

因此获得了信噪比性能的改善,同时保持与较旧的数据处理系统的兼容性。

[0124] 图 4b 所示的加权函数特别易于实施,并且还适于通过表示 0 时段的长度(整体地或从窗口的中点起测量)的单个值进行参数化。在一个对图 4b 所示的函数进行参数化的示例中,所述函数可表示为

[0125]  $F_{n_i}(A, B)$

[0126] 其中 A 表示在测量窗口内取得的样本的数量,而 B 表示在第一部分 41(其还可被认为是样本集)中出现的样本的数量,在所述第一部分 41 中使用非零的权重。根据此参数化,硬件或系统可推导出测量窗口内的第二部分 42 的存在,在所述第二部分 42 中使用非零权重。如下文所示,可扩展此参数化方案。

[0127] 若控制器确定需要不同的加权/结果组合函数,则参数化允许对加权函数进行快速修改。使用计数器在样本出现时对其进行计数并且为计算梯度而基于控制参数来决定是否将样本乘 1 或放弃,可很容易地再生所述加权信号。

[0128] 还可使用更复杂的梯度,图 4c 所示表示阶式函数,其中函数的中心部分再次为 0 值,但是朝向函数端部的样本具有不同的权重。图 4c 所示的函数对样本  $S_1$  和  $S_{12}$  的权重是对样本  $S_2$  和  $S_{11}$  的权重的两倍。所有其它样本  $S_3$  至  $S_{10}$  为 0 加权。可见合成样本的有效 X 位置将出现在  $S_1$  和  $S_2$  之间距离的  $1/3$  处以及  $S_{12}$  和  $S_{11}$  之间距离的  $1/3$  处,即,在此所示实例中 X 值分别为  $1/3$  和 10.67。

[0129] 图 4d 示出了又一变化,其中可由阶梯复制到数字域的线性函数从窗口的中点向两个方向延伸。最后,图 4e 示出了以窗口中点为中心的平滑变化的函数。在数字域内易于实施一般抛物线函数,这是因为仅通过使来自模拟数字转换器的数位字向最低有效位移动 1、2、3 等位即可完成  $\div 2$ 、 $\div 4$ 、 $\div 8$  等比例调整。

[0130] 图 5 示意性地示出了包括适于实施本发明的处理器的测量电路。例如,该测量电路可为 X 射线计算机化断层摄影(CT)扫描仪中的通道。通常,CT 扫描仪具有与光电二极管阵列相关联的闪烁晶体(未图示)。光电二极管阵列通常包含大量的、例如 64 或 128 个光电二极管。图 5 示意性地示出了一个这样的光电二极管 50。在使用中,通过积分器 52 对来自光电二极管 50 的电流进行积分,使得可获得在测量窗口中流经二极管的电流的估算。在现有技术的 CT 扫描仪中,复位电路与积分器 52 相关联并且在各个测量窗口开始时运行,使得在各个测量窗口结束时只需取得对应于图 1 的样本  $S_{12}$  的一个样本并且  $S_{12}$  的值与通过光电二极管 50 的电流直接相关。然而,影响复位电压和样本  $S_{12}$  的单一测量值的噪声造成使用测量窗口误算梯度的电压的可能性。

[0131] 在本发明中,通过多路复用器 56 向模拟数字转换器 54 提供积分器 52 的输出。该复用器允许来自多个、例如 64 或 128 个光电二极管的信号以时分多路复用的方式发送到单个模拟数字转换器。为了简单起见,只需考虑通道的单独一个中所发生的情况。

[0132] 如参照图 1 和 4 可见,对来自积分器 52 的输出进行过取样,使得在单个测量窗口 W 内得到多个样本。尽管图 1 示出得到了 12 个这样的样本,但是这仅是示例性数字且样本的数量通常可介于 8 和 20 之间。将来自模拟数字转换器的输出提供给处理器 60。通常,模拟数字转换器大约每 300 到 350 纳秒可提供一个转换结果。处理器 60 需要实时工作以处理来自各个通道的样本,使得在每个取样窗口(在 100 至 300 微秒范围内)结束时可获得来自阵列内的每个通道的通道输出。为了以具有时间效率的方式实现此处理,处理器在硬件

中对各个通道累计连续求和并将其存储在通道存储器中。本领域的技术人员应了解,与其它部件相比,存储器占据了硅片上的相对较大的体积,因此使所需存储器的量保持为最小值是有利的。本发明对各个通道保持连续求和,因此每个通道只需要一个存储器,在连续求和时,存储器通常具有与模拟数字转换器 54 加上可能的几个其它位相同的位数以避免存储器溢出。因此,对于各个通道,处理器取得存储在该通道的存储器中的结果并恰当地加上或从其中减去当前样本值。因此,各个通道只需要单个存储器与其相关联。对于具有例如 16 位输出的转换器,各个通道存储器只需最大 18 位宽。当通过图 4b 所示的函数来实施时,本发明对于每个通道而言只需要执行三次加法、三次减法以及可选的用于比例调整目的的一次乘法以可获得与现有技术相比具有改善的抗噪声干扰的梯度估算。

[0133] 同样,可以参数化形式对其它函数进行描述,或者可将其它函数存储在查找表中以供处理器 60 使用。

[0134] 在本发明的一些实施例中,只有当积分器接近运行极限时才对其进行复位。复位可能发生在测量窗口期间,因此,若复位发生在样本 6 和样本 7 之间,则样本 7 至 12 将以复位的尺寸从样本 6 发生偏移。可通过在复位后立即存储表示积分器输出值的值接着将表示上一个样本值与复位值之间的差值的又一偏移量加到样本窗口的剩余部分中的各个随后取样的值,从而对此进行调节。

[0135] 在图 4b 至 4e 中,这些图表示加权系数的量值,但是其符号是由测量窗口内的样本的位置加以暗示。如图 6a 至 6d 所示,相同加权函数可被表示得使权重的符号(加或减)变得明确。可见权重在窗口内单调变化。

[0136] 因此,可提供一种计算上快速且易于在硬件中实现的计算过取样信号的梯度的方法。

[0137] 至此,我们已假设样本在测量窗口内是以相等的时间间隔出现。然而,在计算机化断层摄影扫描仪的情况下,扫描头很重并且是机械传动的。因此,扫描头的旋转速度可能会发生变化。因而,希望根据当扫描头到达预定位置时出现的同步化脉冲来触发过取样。各个同步化脉冲标记一个测量窗口的结束和下一个测量窗口的开始。假定扫描头的旋转速度是公知的,可设定过取样的速率以确保所有的样本是在测量窗口内取得。然而,可观察到,最后过取样的样本与和同步化脉冲相符的下一个样本之间的时段可能、且实际上几乎一定,大于测量窗口内任何其它样本的样本间时段。此时段的长度为样本间时段和延伸时间的总和。

[0138] 这在图 7 可更清楚的看出,其中示出了三个同步化脉冲 P1、P2 和 P3,这些同步化脉冲限定了它们之间的测量窗口 W2 和 W3。为了简单起见,我们应该假设在各个测量窗口中只使用八个样本,所述样本在图 7 中被指定为 S7-0 至 S7-14。S7-0 与第一触发脉冲 P1 相符,从此以后每  $t_s$  秒出现样本,直到在同步化脉冲 P2 之前出现的最后一个样本 S7-6。因此,若将 P1 视为定义时间  $t = 0$ ,则 S7-1 出现在  $t = t_s$  处、S7-2 出现在  $t = 2t_s$  处以及 S7-6 出现在  $t = 6t_s$  处。可以看出样本 S7-7 与样本 S7-6 之间的间隔大于正常的取样时段  $t_s$ 。样本 S7-7 出现在  $t = 7t_s + \text{旧延伸 (stretch old)}$  处,其中“旧延伸”表示 S7-6 和 S7-7 之间的取样时段被延伸的额外时间。样本 S7-7 可被视为表示测量窗口 W2 结束时的样本,也可被视为起动测量窗口 W3 的开始。在样本 S7-7 出现之后,再次以通过  $t_s$  间隔的规则时段取得样本直到样本 S7-13 出现,其为同步化脉冲 P3 之前的最后一个取样实例。样本 S7-13

与样本 S7-14 之间的间隔再次大于测量窗口 W3 内所出现的任何其它样本之间的间距。可认为所述取样时段被延伸,并且对于任何给定的测量窗口、尤其是窗口 W3,我们可定义两个延伸时段:定义在同步化脉冲 P2 之前的时段为“旧延伸 (stretch old)”,而在窗口 W3 之内且在同步化脉冲 P3 正前部的时段为“新延伸 (stretch new)”。

[0139] 随后,可对梯度的计算进行修改以考虑所述延伸时段。

[0140] 可对此计算本身进行参数化。

[0141] 可使用第一、第二以及第三参数来描述计算梯度的过程。这些参数具有标记 O、P 以及 Q。

[0142] O 表示样本窗口内的样本数量,或定义了连续的计算窗口中的类似点之间的距离的重复长度。

[0143] P 表示从样本窗口的开始处和结束处将被选择的样本的数量,以及

[0144] Q 表示被组对的样本之间的“距离”,其中组对是梯度计算过程的一部分。

[0145] 这在图 8 中更容易看出,其中在被定义为同步化脉冲 P1 与同步化脉冲 P2 之间的时段的各个测量窗口内,获得样本 S0 至 S15。为了简单起见,在本示例中,将与各个同步化脉冲同步出现的脉冲标记为 S0。因此,每个样本窗口中具有十六个样本,因此  $O = 16$ 。我们使用前三个样本和最后三个样本,因此  $P = 3$ 。我们有效地形成三个样本对,每个样本对间隔十四个样本,因此  $Q = 14$ 。因此,样本对 S0 和 S14、S1 和 S15、S2 和 S0 (来自下一个窗口)。从而构成

[0146]  $(S0-S14)+(S1-S15)+(S2-S0^*)$

[0147] 其中“\*”表示 S0 来自下一个样本窗口,即,其跟随图 8 中的 S15。

[0148] 随后,对此计算的结果进行比例调整或标准化处理以便得出梯度。应该注意,可扩展此参数化方案,如图 8b 所示,其示出了用于参数化  $O、P、Q = 16、3、16$  的样本对。可以看出,样本保持以测量窗口的中点为中心对称分布。在这种情况下,将 O 看作限定了连续的计算窗口中的类似点之间的长度是有效的。

[0149] 其中,当具有当前视图的第一个同步化脉冲之前的延伸,我们使用了来自前一个视图的样本,因而所述算法需要适应“旧延伸”。若如前述计算梯度,即,仅通过形成连续求和,则需要修改标准化系数以将在一些样本点之间出现的延伸考虑在内。标准化系数 F 可被定义为:

[0150]

$$F = \frac{O_{\text{sub}} + \text{“新延伸”}}{(P \cdot Q_{\text{sub}}) + \left\{ \left( (Q + P - O) / 2 - \frac{1}{2} \right) \text{“旧延伸”} \right\} + \left\{ \left( (Q + P - O) / 2 + \frac{1}{2} \right) \text{“新延伸”} \right\}}$$

[0151] 其中,“sub”表示与“旧延伸”和“新延伸”的值相同单位的数据样本之间的时间间隔。在样本被选择为以窗口中点为中心对称排列时,上述公式有效。

[0152] 此标准化系数适用于下列情况:应用于数据样本的加权系数只具有值 1 或 0;以及所述系数对于常数斜率(零阶曲率修正)而言是正确的。

[0153] 考虑两个示例来说明标准化系数如何变化是有效的。假设每 300nS 取样一次,转换窗口具有 16 个样本,在每个范围的开始和结束所使用的样本的数量为 3,并且组对的样

本之间的距离为 14。

[0154] 因此  $0. \text{sub} = 300\text{nS}$

[0155]  $0 = 16$

[0156]  $P = 3$

[0157]  $Q = 14$

[0158] 若完全没有出现延伸,则得到

[0159]  $(Q+P-0)/2 = 1/2$

[0160] 因此

$$[0161] \quad F = \frac{300\text{nS}}{3 \cdot 300\text{nS} + (\frac{1}{2} - \frac{1}{2}) \cdot 0 + (\frac{1}{2} + \frac{1}{2}) \cdot 0} = 1/3$$

[0162] 其在直观上是正确的,这是因为使用了三个样本对来取代一个样本对且没有出现延伸。

[0163] 若在各个样本窗口的结束部分始终出现 150nS(即,半个取样时段)的延伸,则在本示例中,我们可发现样本 S2 至 S0 \* 过长。

$$[0164] \quad F = \frac{(300+150)\text{nS}}{(3 \times 300\text{nS}) + (\frac{1}{2} - \frac{1}{2}) + (\frac{1}{2} + \frac{1}{2}) \cdot 150\text{nS}}$$

$$[0165] \quad F = \frac{450}{1050}$$

[0166]  $F = 0.428$

[0167] 比例调整系数的值增大,这是因为与最后的样本对(包括延伸时间的样本对)相比,两个样本对实际上权重较小,因此较长的加权系数较为适合。

[0168] 所述公式也适用于图 8b 所示的情况,其中样本来自相邻的测量窗口,并且在这些情况下,必须考虑“旧延伸”和“新延伸”可具有不同值的事实。

[0169] 随后,将通道存储器中的值乘以系数 F 以对结果进行比例调整。

[0170] 在加权系数不同或曲率为非零的情况下,可使用其它标准化系数。

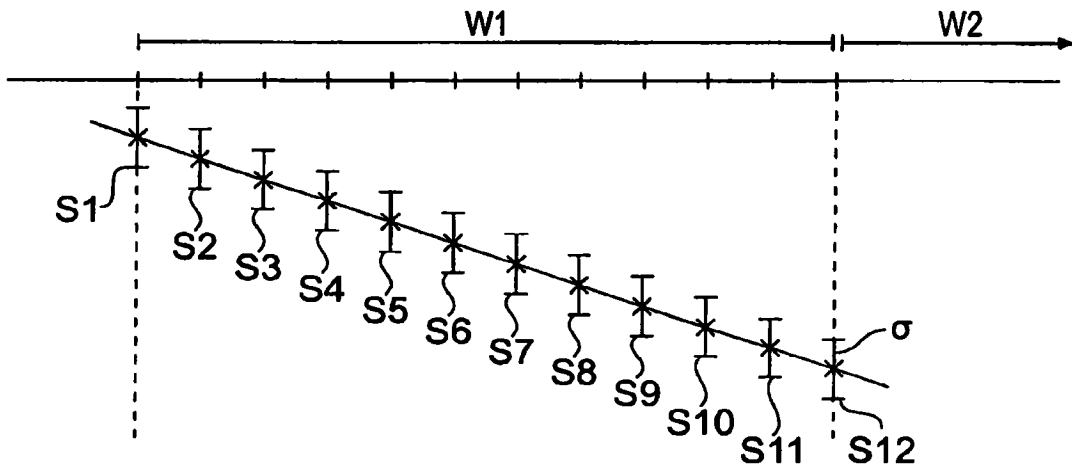


图 1

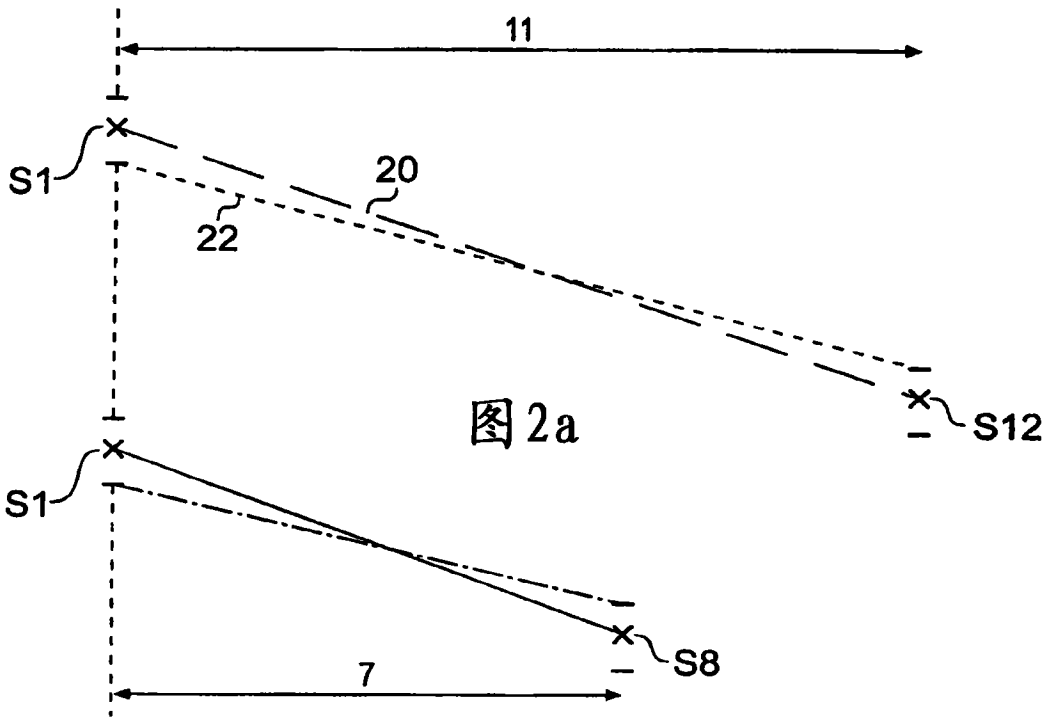


图 2a

图 2b

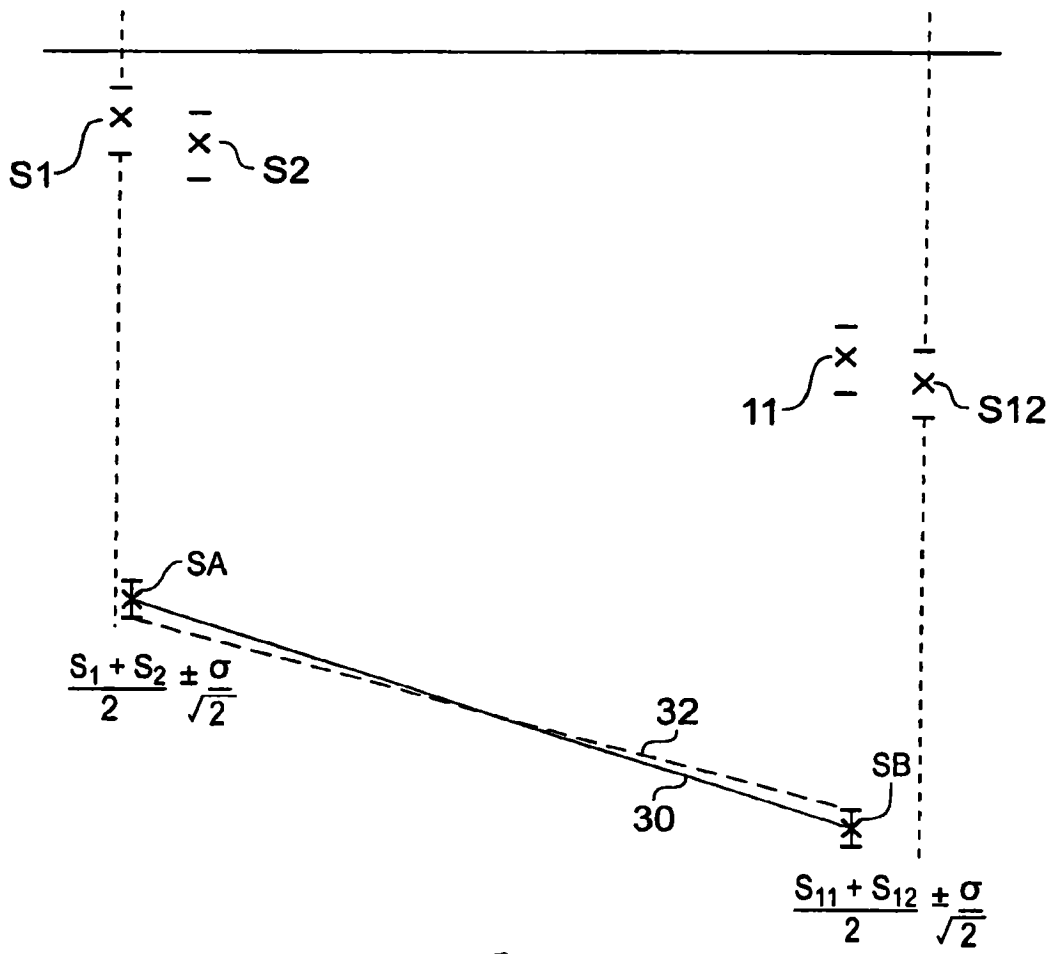
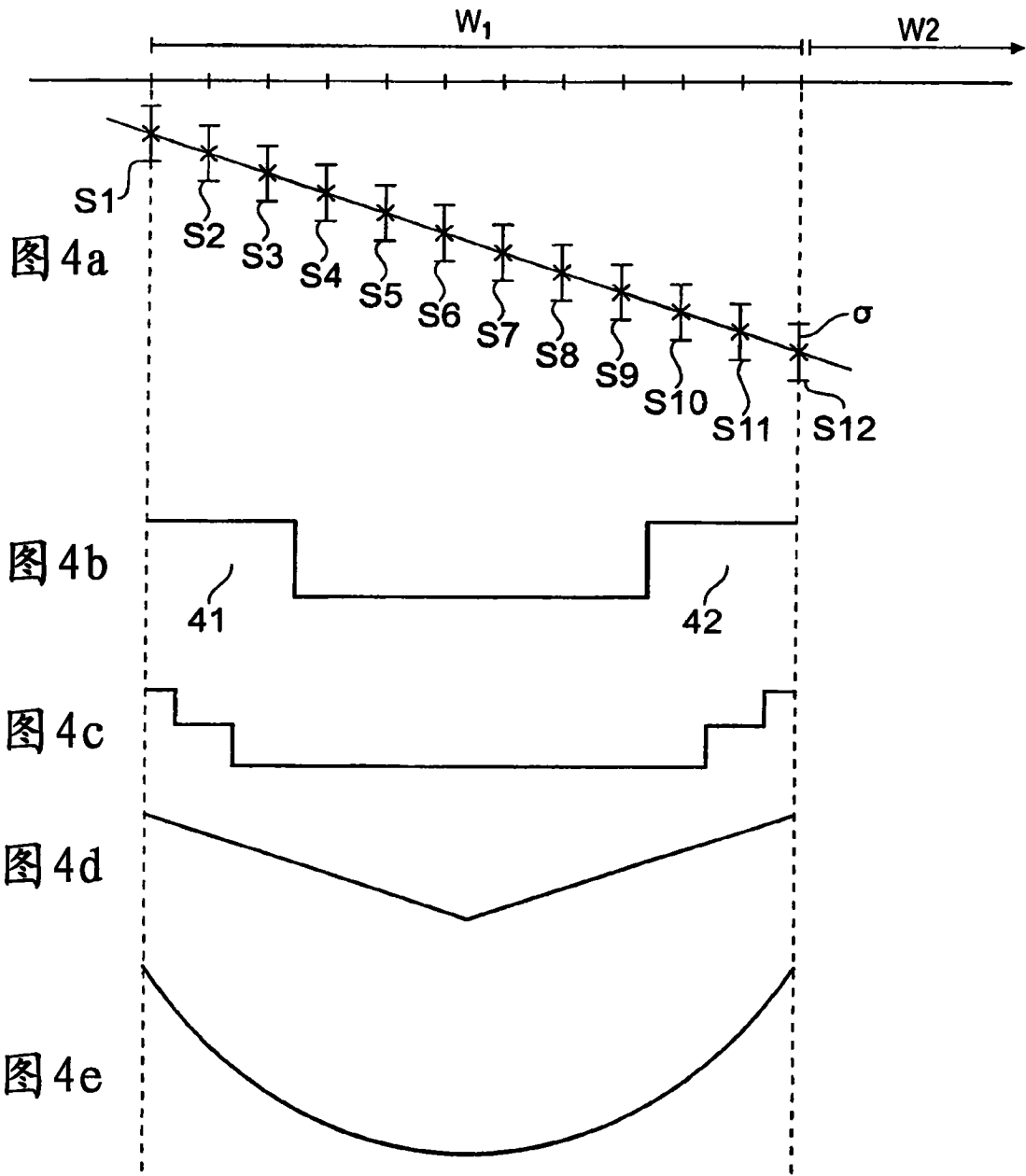


图 3





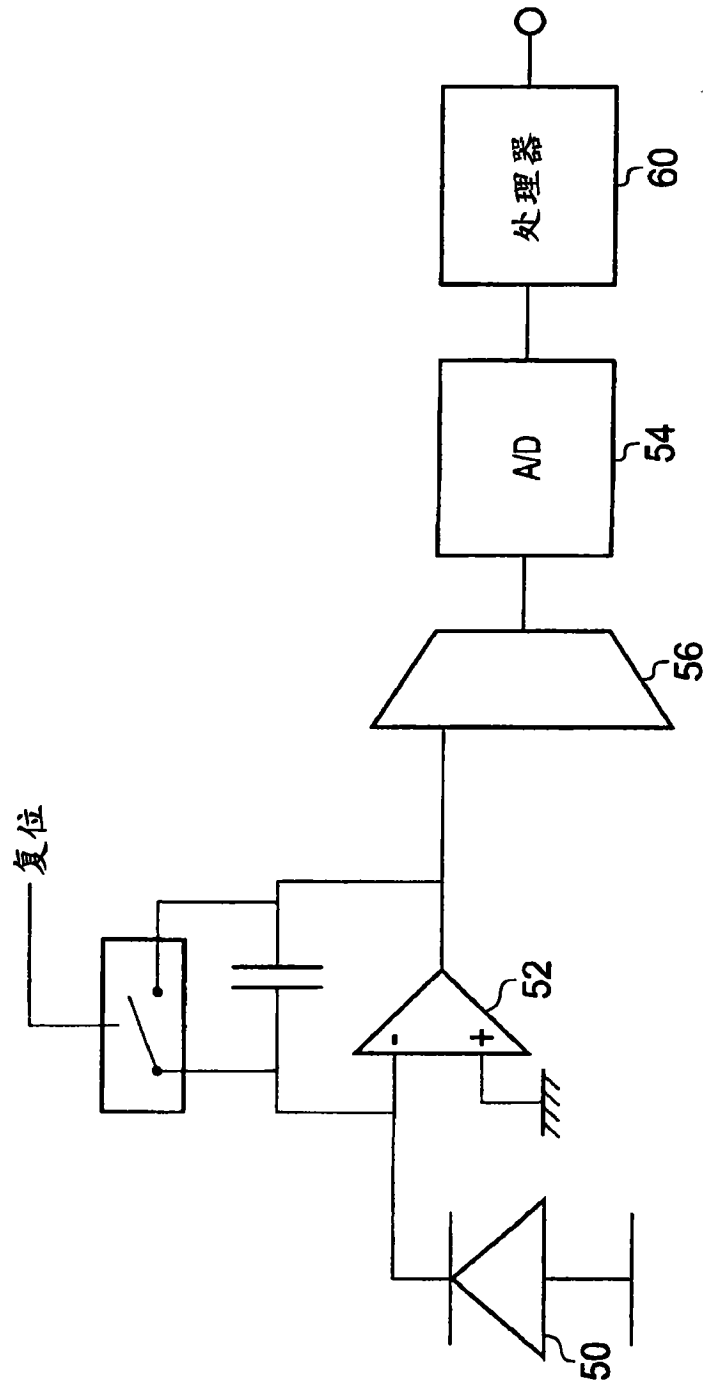
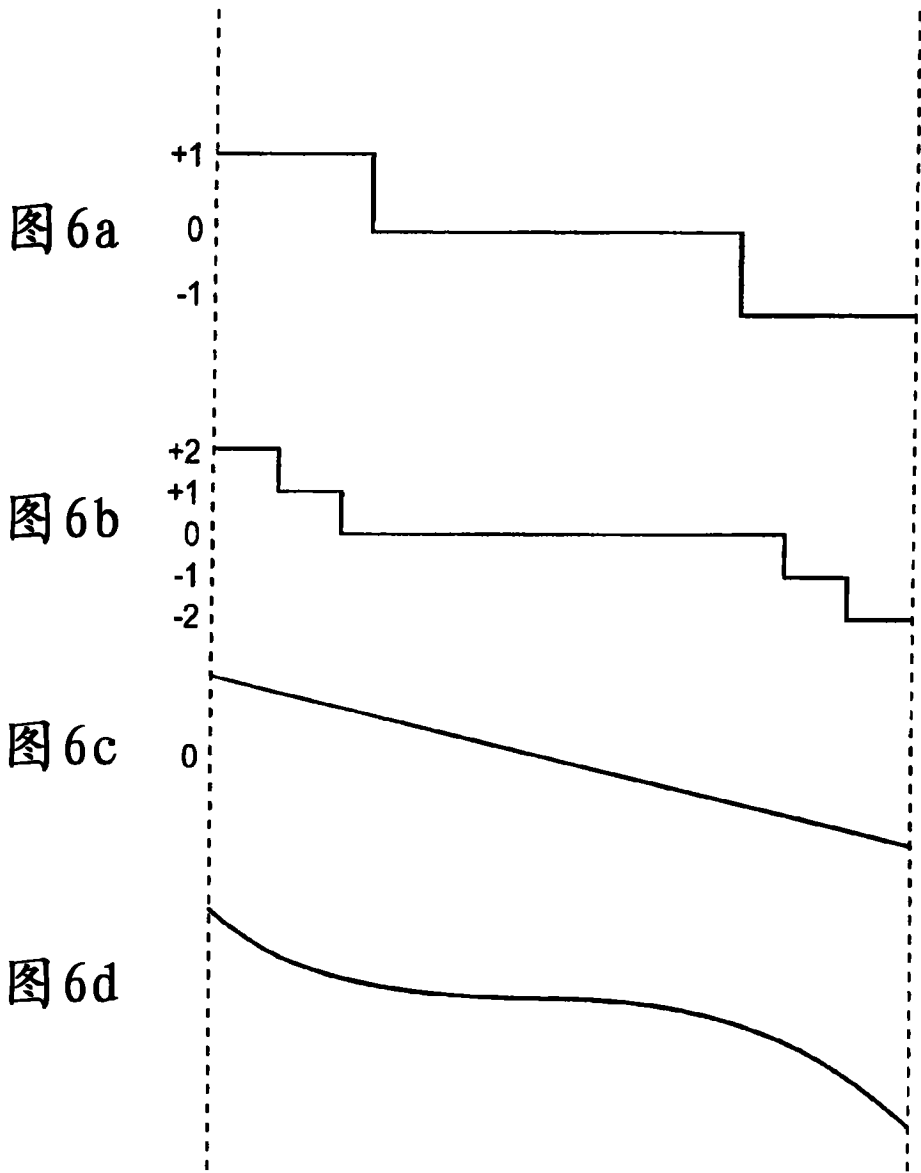


图5



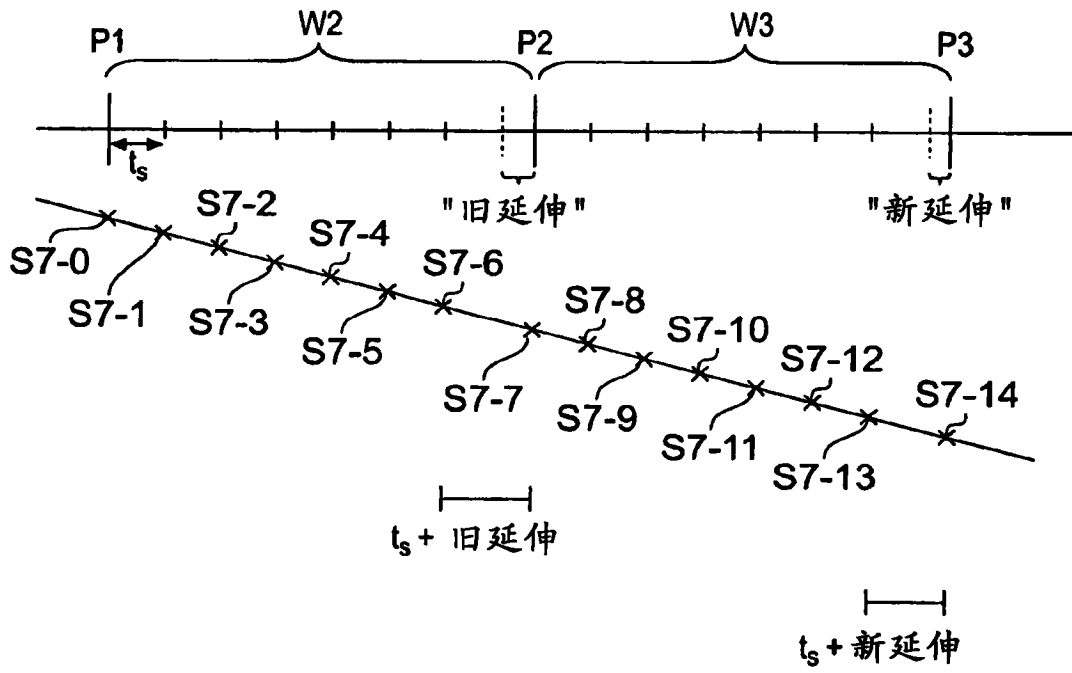


图 7

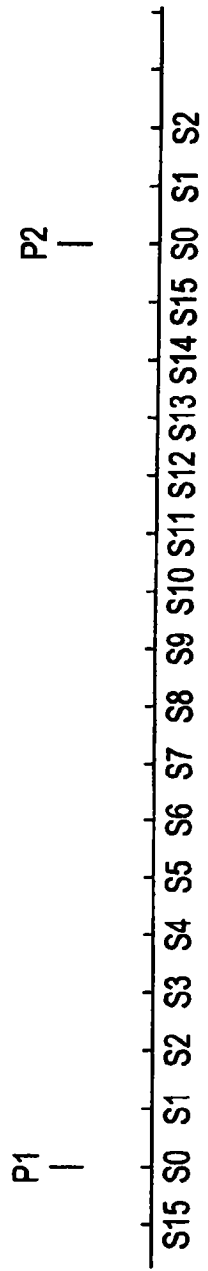


图 8



图 8a



图 8b