

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01D 21/00 (2006.01)

H03K 17/30 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03154503.3

[45] 授权公告日 2007 年 8 月 8 日

[11] 授权公告号 CN 1330943C

[22] 申请日 2003.7.1 [21] 申请号 03154503.3

[30] 优先权

[32] 2002. 7. 1 [33] EP [31] 02254612.1

[73] 专利权人 三菱电机株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 W·J·沙诺夫斯基

[56] 参考文献

CN1290860A 2001.4.11

US4387465A 1983.6.7

US4843309A 1989.6.27

审查员 史永良

[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 张志醒

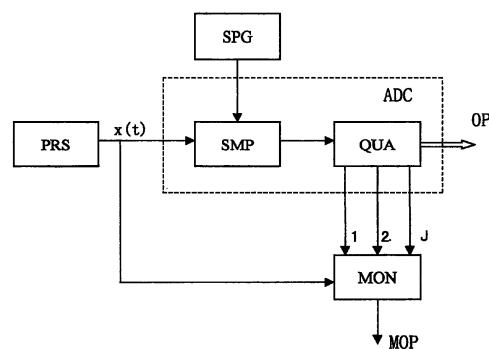
权利要求书 3 页 说明书 14 页 附图 12 页

[54] 发明名称

信号统计测定

[57] 摘要

可分析信号来确定表示例如, 信号的可预测性或时间可反转性的统计特性。检查该信号以便定位与具有预定斜率的预定电平的交点一致的事件。结合该信号的多个型式。该型式相对于彼此移动与检测事件的间隔一致的量。最终表示的形状提供有关信号的统计信息。



- 1、一种用于分析输入信号的统计特性的装置，所述装置包括：
用于接收信号的信号输入装置；
耦合于所述输入装置，用于检测在其上信号电平以预定斜率越过预定电平的事件的装置；
用于结合所述信号的多个型式的装置，所述型式包括所述信号的重叠部分并且相对于彼此移动与所述事件的间隔一致的量，以形成所述信号的表示；以及
用于测量取决于所述表示的形状以及指示所述信号的统计特性的参数的装置。
- 2、如权利要求1所述的装置，配置成如果所述斜率具有预定符号，则认为所述信号具有预定斜率。
- 3、如权利要求1所述的装置，将所述装置配置成响应第一预定斜率的检测事件形成第一表示，以及响应第二不同预定斜率的检测事件形成第二表示。
- 4、如权利要求3所述的装置，其中所述参数取决于结合的第一和第二表示的形状。
- 5、如权利要求1所述的装置，其中所述事件检测装置用来检测事件的第一和第二不同类型，以及所述结合装置用来将以预定方式移动与事件的第一类型一致的量信号型式与相对于彼此移动与所述事件的第二类型的间隔一致的量信号的型式相结合，以便形成所述表示。
- 6、如权利要求5所述的装置，包括方式转换装置，用来改变所述结合的预定方式。
- 7、如权利要求1所述的装置，其中所述预定电平显著不同于所述信号的平均电平。
- 8、如权利要求1所述的装置，包括交叉电平输入装置，用于接收定义所述预定电平的信号。
- 9、一种包括用于分析输入信号的统计特性的装置的集成电路，所述装置包括：
用于接收信号的信号输入装置；
耦合于所述输入装置，用于检测在其上信号电平以预定斜率越过预定电平的事件的装置；
用于结合所述信号的多个型式的装置，所述型式包括所述信号的重叠部分并且相对于彼此移动与所述事件的间隔一致的量，以形成所述信号的表示；以及
用于测量取决于所述表示的形状以及指示所述信号的统计特性的参数的装置；

所述集成电路还包括第一输入终端，用于接收所述输入信号；第二输入终端，用于接收表示所述预定电平的阈值信号；以及至少一个输出信号，用于提供形成所述表示的输出信号。

10、一种分析输入信号的方法，所述方法包括检测在其上信号电平以预定斜率越过预定电平的事件，以及形成所述信号的多个型式的结合的表示，所述型式包括所述信号的重叠部分并且相对于彼此移动与所述事件的间隔一致的量，所述方法进一步包括测量取决于所述表示的参数的步骤。

11、如权利要求 10 所述的方法，其中所述参数指示所述形状与存储的表示的形状间的类似程度。

12、用于分析输入信号的统计特性的装置，所述装置包括：

用于接收信号的信号输入装置；

耦合于所述输入装置，用于检测在其上信号电平以正斜率越过预定电平的第一事件和在其上信号电平以负斜率越过所述预定电平的第二事件的装置；

用于结合所述信号的多个型式的装置，所述型式相对于彼此移动与所述第一事件间的间隔以及与所述第二事件间的间隔一致的量，以形成所述信号的至少一个表示；以及

用于测量取决于所述至少一个表示的形状以及指示所述信号的统计特性的参数的装置。

13、根据权利要求 12 的装置，其中所述结合装置用来基于相对于彼此移动与所述第一事件的间隔一致的量所述信号的多个型式形成第一表示，以及基于相对于彼此移动与所述第二事件的间隔一致的量所述信号的多个型式形成第二表示。

14、根据权利要求 13 的装置，其中所述结合装置用来结合所述第一和第二表示以获得结合的表示，并且其中所述测量装置被配置成测量取决于所述结合表示的形状的参数。

15、一种分析输入信号的方法，所述方法包括：

检测在其上信号电平以正斜率越过预定电平的第一事件和在其上信号电平以负斜率越过所述预定电平的第二事件；

通过结合所述信号的多个型式形成所述信号的至少一个表示，所述型式相对于彼此移动与所述第一事件间的间隔以及与所述第二事件间的间隔一致的量；以及

测量取决于所述至少一个表示的参数的参数。

16、根据权利要求 15 的方法，其中所述形成步骤包括基于相对于彼此移动与所述第一事件的间隔一致的量所述信号的多个型式形成第一表示，以及基于相对于彼

此移动与所述第二事件的间隔一致的量的所述信号的多个型式形成第二表示。

17、根据权利要求 16 的方法，其中所述形成步骤包括根据所述第一和第二表示形成结合的表示，并且所述测量步骤包括测量取决于所述结合表示的形状的参数。

信号统计测定

技术领域

本发明涉及用于确定信号的统计特性的方法和装置，以及特别但不是专门适用于连续时间随机或混杂或无规律特性的信号的特性。

背景技术

例如，为了信号分类，或监视或预测信号特性，有许多需要分析信号的统计特性的情况。如将在下面详细描述的使用这种测定的一个例子是用于在密码术中的随机数生成。可将随机或混杂噪音信号应用于数字器，该数字器以预定的采样间隔采样信号并输出由随机数构成的信号的数字表示。为了效率，采样间隔应当短。然而，短的采样可能导致并非彼此统计独立的随机数。因此，希望分析噪音信号的统计特性，以便允许测定产生统计上独立的随机数所需的最小采样间隔。

有许多信号统计测定有用的其他环境。当信号表示一个源的物理参数方面的变化时，可使用统计分析来分类该源。例如，每个信号可表示图象中的变化，以及可使用统计评定来对图象的主题分类。类似地，统计分析可用于声音，诸如语音或音乐的分类。

已知的分析技术包括频域（或频谱）方法，以及时域方法。时域方法通常是必要的，以便提供所需的信息，并且通常是基于信号的自相关的。

然而，传统的相关技术是基于隐含假设感兴趣的信号为高斯的，并且当在时间的正向中考虑时的信号的统计特性与在时间的反向中的对应。由于相关函数对时间方向不敏感的事实，丧失了特性中的任何不对称性。实际上，被监视的许多信号实际上是非高斯的。以标准的相关技术，不能检测这些信号中的非线性相关性。

因此，希望提供用于分析信号的统计特性的方法和装置，其提供比现有技术更有用的结果。

发明内容

在附加权利要求书中陈述了本发明的诸方面。

根据另一方面，检验信号以检测多个事件，每个事件当越过阈值电平时，对应于采用预定斜度的信号。（在优选实施例中，如果斜度是例如为正而不是为负，则认为信号具有预定斜度。因此，当其电平上升，该信号越过该阈值（即，处于每个“向上穿越”），或当其电平正下降时，该信号越过该阈值（即，每个“向下穿越”）时，产生每个事件。）

从该单个信号导出该信号的多种型式（最好为相同副本），以及相对于彼此移动以致每个型式包含与在其他型式中的各个不同事件相符的事件。然后，通过例如，取平均数，来组合多个型式（其中术语“取平均数”在此包括求和）。

合成函数是对检测事件之前和之后的信号平均特性的度量。为方便起见，在此将该函数称为“交叉函数（crosslation function）”，并将安排来导出该函数的装置将称为“交叉器（crosslator）”。如果其所基于的事件为向上穿越（upcrossing），将该函数称为“前向交叉（forward crosslation）”函数，而如果其所基于的事件为向下穿越，则将该函数称为“后向交叉”。

随交叉函数所基于的事件的阈值电平和类型而定的一个信号的交叉函数的形状将包含有关输入信号的有用信息。在相对于原点（定义成结合各个事件的点）的指定点，函数的振幅表示在相对于每个事件的相应时间处朝向一具体值的输入信号偏离。

另外，不同交叉（特别是正向和反向交叉）的形状间的关系包含另外的有用信息。将理解到当信号实时反向时，向下穿越等效于向上穿越。因此，时间可逆信号对任何指定阈值电平将显示出对称的正向和反向交叉函数。因此，这些函数间的关系将是有关输入信号的时间可逆性的指示器。

另外，一个或多个交叉函数的形状的改变也可包含有关输入信号的特性的有用信息。

因此，本发明的装置最好抽取依赖于一个或多个交叉函数的一个或多个参数以便提供表示输入信号的统计性质的值或系列值。

例如，在下述实施例中，调查正向和反向交叉函数以便确定在它们与采样脉冲间的间隔一致的点处的振幅，所述采样脉冲用来采样用于随机数生成的随机输入信号。如果振幅显著地背离于输入信号的平均值，这暗示以该间隔采样将导致连续采样值中的偏离，这将降低它们的独立性。因此，分析装置的输出可用来表示或校正该不希望的情况。

附图说明

现在，通过参考附图的例子的方式来描述具体实现本发明的装置，其中：

图 1 描述包括根据本发明的信号分析装置的随机数生成器；

图 2a) 和 2b) 表示由图 1 的生成器使用的混杂信号 $x(t)$ ；

图 3 描述混杂信号 $x(t)$ 段以及在该信号段中观察到的具有一个级别的所有向上穿越电平的多个轨迹；

图 4 描述当叠加时的图 3 的轨迹；

图 5 表示通过对图 4 中的轨迹进行平均获得的混杂信号 $x(t)$ 的经验正向交叉函数 $C_L^+(\tau)$ ；

图 6 描述混杂信号 $x(t)$ 的经验反向交叉函数 $C_L^-(\tau)$ ；

图 7 是图 1 的生成器的监视单元的框图，该单元包含信号分析装置；

图 8 描述对三个不同交叉电平 L ：(a) $L=3\sigma$ ；(b) $L=2\sigma$ ；(c) $L=\sigma$ ，实验获得的经验正向交叉函数的形状，其中 σ 为调查研究中信号的均方根值；

图 9 是图 7 的单元的时移比较器的操作的流程图；

图 10 描述交叉和函数 $S_L(\tau)$ 和交叉差函数 $D_L(\tau)$ 的形状；

图 11 是图 7 的信号分析装置的改进型式的框图；以及

图 12 表示信号分析装置的不同改进型式；

具体实施方式

参考图 1，该图表示使用根据本发明的信号分析装置的随机数生成器。

随机数生成器包括生成混杂输出信号 $x(t)$ 的物理随机信号源 (PRS)。在图 2a) 和 2b) 的每一个中示出了该信号 $x(t)$ 的典型的波形。

将信号 $x(t)$ 提供给模拟-数字转换器 (ADC)，该转换器还从采样脉冲生成器 (SPG) 接收采样脉冲。在与采样脉冲间的周期一致的间隔，由采样器 (SMP) 对混杂信号 $x(t)$ 采样，并将每个模拟输出提供给振幅量化器 (QUA)。该量化器与模拟输入采样相比，生成 J 个不同量化电平。在输出 (OP)，根据模拟采样电平，生成数字电平数。

因此，在与采样脉冲间的周期对应的间隔，随机数生成器生成分布在范围 0 至 J 内的随机数。

迄今所述的系统是已知的。在图 1 的实施例中，提供了监视装置 (MON)。该装置从量化器 (QUA) 接收混杂信号 $x(t)$ 以及量化电平 1 至 J 并生成监视输

出 (MOP), 该监视输出表示是否能期望随机数为统计上独立, 如将在下面进一步描述的。

图 7 中示出了根据本发明的监视装置 (MON), 并包括信号分析装置 (在此也称为交叉器) (CRS)。该装置接收信号 $x(t)$ 并且还通过并-串联转换器 (PTS) 连续地接收每个量化电平信号 1 至 J。该交叉器 (CRS) 在输出 (CFO) 将交叉函数输出给时移比较器 (TSC) (如下所述)。该时移比较器 (TSC) 导出信号 MSI, 该信号 MSI 表示获得统计上独立的采样所需的最小采样间隔。比较器 (CMP) 将该值与表示当前采样脉冲间隔的值 SPI 进行比较。比较器生成监视输出 (MOP), 该监视输出表示当前采样脉冲间隔是否超过计算的最小采样间隔, 它应当用于校正操作。

将参考图 2 至 6, 描述交叉器 (CRS) 的操作原理。

参考图 2a), 该图表示信号 $x(t)$, 该信号 $x(t)$ 表示时间上连续的随机、混杂或其他不规则过程, 以及恒定水平值 (阈值) L 。存在时间瞬间, 在这些时间瞬间, 信号 $x(t)$ 将电平 L 与正斜率交叉。结果时间瞬间

$$t_1^+, t_2^+, \dots, t_{k-1}^+, t_k^+, t_{k+1}^+, \dots$$

形成一组向上穿越电平 L ; 这些向上穿越在图 2a 中用点标记。

选择那些向上穿越中的任何一个, 假定 t_k^+ , 并认为在时间瞬间 t_k^+ 前后的信号 $x(t)$ 。与向上穿越有关的信号轨迹 $x_k^+(\tau)$ 由下式来定义:

$$x_k^+(\tau) = x(t_k^+ + \tau)$$

其中 τ 是相对时间。因此, 选定的轨迹 $x_k^+(\tau)$, 如图 3 中所示, 是被检查的信号经 $x(t)$ 的时移副本。不管基底信号 (underlying signal) $x(t)$ 的时间原点 $t=0$ 如何, 作为相对时间 τ 的函数的轨迹 $x_k^+(\tau)$ 总包含原点 $\tau=0$ 。

根据上述结构, 电平 L 的每个向上穿越定义基本信号 $x(t)$ 的相应的时移副本。图 3 单独和顺序地描述由在所述的信号段 $x(t)$ 中的电平 L 的所有向上穿越生成的轨迹。所有向上穿越相合, 因为它们共同定义和共享相对时间 τ 的相同原点 $\tau=0$ 。

在图 4 中叠加示出的图 3 的轨迹作为相对时间 τ 的函数。

可能平均与在 $\{t_i^+(\tau), i=1, 2, \dots, k-1, k, k=1, \dots\}$ 时的相应向上穿越相关的轨迹 $\{x_i^+(\tau), i=1, 2, \dots, k-1, k, k=1, \dots\}$ 以便导出函数 $C_L^+(\tau)$, 在此将函数 $C_L^+(\tau)$ 称为正向

交叉 (FC) 函数。为示例目的, 图 5 描述通过平均如图 4 所示的轨迹获得的经验正向交叉函数 $C_L^+(\tau)$ 。该函数特性化在电平 L 的交叉点的情况下的信号 $x(t)$ 的平均特性, 并将视相对时间 τ 而定。具体来说, 通过构造, $\tau=0$ 时的值简单地等于 L, 可从图 4 导出。对大值 τ , $C_L^+(\tau)$ 趋向基本主要过程 $x(t)$ 的平均值 AV, 因为有关向上穿越的相关性变为零。

用相似的方式, 在信号 $x(t)$ 使电平 L 与负低斜率交叉时, 确定时间瞬间, 在图 2b) 中示出了最终的时间瞬间,

$$t_1^-, t_2^-, \dots, t_{k-1}^-, t_k^-, t_{k+1}^-, \dots$$

形成电平 L 的一组向下穿越。

通过参考图 3 至 5 所述的过程, 可导出函数 $C_L^-(\tau)$, 如图 6 所示, 除其是基于向下穿越而不是向上穿越外, 与正向交叉函数 $C_L^+(\tau)$ 一致。因此, 该函数表示在电平 L 的向下穿越的情况下的平均特性 $x(t)$ 。

应注意到对信号 $x(t)$ 的电平 L 的向下穿越与对基本信号 $x(t)$ 的时间反转拷贝 $x(-t)$ 的电平 L 的向上穿越重合。因此, 基于向下穿越的交叉函数 $C_L^-(\tau)$ 将称为反向交叉 (BC) 函数。同时, 在这种情况下, $C_L^-(\tau)=L$, 以及 $C_L^-(|\tau|)$ 接近用于大值 τ 的平均值 AV。

当确定正向和反向交叉函数用于假定仅用于正值的单极信号时, 阈值电平 L 总是为正。然而, 在双向信号的情况下, 可能有几种方法:

1. 仅使用非负 (或非正) 阈值电平;
2. 正和负 (包括 0) 阈值电平能用于信号处理;
3. 仅使用非负 (或非正) 阈值, 但处理初始信号及其反转极性的复本。

正向交叉 (FC) 函数和反向交叉 (BC) 函数在调查研究中提供过程的有用特征。例如, 为相对时间 τ 的正值, 正向交叉 (FC) 函数便于预测过程的未来值, 假定在具有正斜率的预定电平, 在某些时间瞬间时该过程交叉。对负值 τ , 正向交叉 (FC) 函数描述在上交叉时间瞬间之前的过程的平均特性。

用相似的方式, 反向交叉 (BC) 函数便于预测假定过程在具有负低斜率的预定电平交叉时的过程的未来值。对相对时间 τ 的负值, 反向交叉 (BC) 函数描述下交叉时间瞬间之前的过程的平均特性。

当在反转时间中检查该过程时, 正向交叉 (FC) 函数和反向交叉 (BC) 函数的角色互换。因此, 对时间可反转过程来说, 正向交叉 (FC) 函数和反向

交叉 (BC) 函数是相互的镜像。因此, 能使用正向交叉 (FC) 函数和反向交叉 (BC) 函数来测试感兴趣的过程的时间可反转性。

根据本发明的实施例, 使用图 7 所示的交叉器 (CRS), 能导出正向交叉 (FC) 函数和/或反向交叉 (BC) 函数。应注意, 可将形成图 7 的监视器 (MON) 部分的交叉器 (CRS) 以及将在下面描述的改进的交叉器形成为可构造在单独的集成电路上的通用装置, 以使用在各种不同的应用中。在某些应用中可能不需要由交叉器提供的一些功能, 并认为对用在图 7 中的监视器 (MON) 中, 将在下面描述的所有功能并非都是必要的。

交叉器 (CRS) 包括极性反转电路 (PRC)、具有多个分支的模拟延迟线路 (TDL)、电平交叉检测器 (LCD)、两个脉冲延迟电路 (PDL 和 DEL)、脉冲计数器 (PCT)、多个采样保持电路 (SHC)、多个累加器 (ACC) 以及存储寄存器 (SRG)。存储寄存器 (SRG) 也可包括适当的波形内插器。

在极性反转电路 (PRC) 的二进制极性选择输入 (PS), 通过保存的适当值来设置时间变化输入信号 $x(t)$ 的极性 (正或负)。然后, 将选定极性的信号给延迟线路 (TDL) 的输入 (IP)。在所示的结构中, 延迟线路 (TDL) 的 M 个分支的每一个提供在输入 (IP) 处出现的信号的时间延迟的复本。在任何时间瞬间, 在延迟线路 (TDL) 的 M 个分支处观察到的信号采样结合形成沿延迟线路 (TDL) 传播的信号的有限段的离散时间表示。最好, 延迟线路 (TDL) 的连续分支间的相对延迟具有恒定值。

将延迟线路 (TDL) 的 M 个分支的每一个连接到各个采样保持电路 (SHC), 以及将选定分支 (CT), 最好是中间分支也连接到电平交叉检测器 (LCD)。

电平交叉检测器 (LCD) 根据在二进制选择器输入 (UD) 处保持的值检测向上穿越和向下穿越。通过将适当的阈值应用到电平交叉检测器 (LCD) 的阈值输入 (LV), 脉冲延迟电路 (DEL) 来设置期望交叉电平 L 。当将测定正向交叉 (FC) 函数时, 电平交叉检测器 (LCD) 操作为向上穿越的检测器。类似地, 当测定反向交叉 (BC) 函数时, 电平交叉检测器 (LCD) 检测向下穿越。

当正确定正向交叉 (FC) 函数时, 每次由电平交叉检测器 (LCD) 在中间分支 (LCD) 检测预定电平 L 的向上穿越, 在电平交叉检测器 (LCD) 生成短触发脉冲 (TP)。经公用触发脉冲 (TP) 输入, 触发脉冲 (TP) 启动所有采样

保持电路 (SHC) 的同时操作。每个采样保持电路 (SHC) 俘获其输入处出现的信号的瞬时值并将该值提供给各个累加器 (ACC)。

触发脉冲 (TP) 还将脉冲计数器 (PCT) 的当前状态递增 1。脉冲计数器 (PCT) 的容量等于电平交叉的预定数 N (即, 正处理的信号轨迹的数 N)。也将触发脉冲 (TP) 提供给适当的脉冲延迟电路 (PDL), 该延迟电路的延迟最好等于采样保持电路 (SHC) 的稳定时间。

从脉冲延迟电路 PDL 获得的延迟触发脉冲经公用的累加器输入 (DT) 启动由各个采样保持电路 (SHC) 驱动的所有累加器 (ACC) 的同时操作。每个累加器 (ACC) 的功能是执行在交叉器 (CRS) 的一个完整的操作周期期间, 在其输入处连续出现的所有 N 个采样相加或平均。

当已经通过电平交叉检测器 (LCD) 检测到 N 个电平交叉点, 并由脉冲计数器 (PCT) 记录时, 在脉冲计数器 (PCT) 的输出处产生周期结束 (EC) 脉冲。周期结束 (EC) 脉冲经其复位输入 (RT) 复位脉冲计数器 (PCT), 并且它还启动将累加的内容传送到存储寄存器 (SRG)。适当地由脉冲延迟电路 (DEL) 延迟的每个周期结束 (EC) 脉冲经公用输入复位 (RS), 将所有累加器 (ACC) 设置成它们的初始零状态。在出现周期结束 (EC) 脉冲后不久, 可在存储寄存器 (SRG) 的输出 (CFO) 处可获得确定的正向交叉 (FC) 函数的离散时间型式。

当在存储寄存器 (SRG) 中未使用波形内插时, 用 M 值表示确定的正向交叉 (FC) 函数。然而, 在存储寄存器 (SRG) 中执行一些另外的信号处理以便产生不至包括由累加器 (ACC) 提供的 M 个初始值的正向交叉 (FC) 函数的内插 (平滑) 表示。

图 8 表示经验上用于上交叉电平 L : $L=\sigma$ 、 $L=2\sigma$ 和 $L=3\sigma$ 的三个不同值的经验正向交叉 (FC) 函数的形状, 其中 σ 是处理过的信号的均方根值。在这种情况下, 由物理噪音源生成由交叉器处理的信号 $x(t)$ 。

当正测定反向交叉 (BC) 函数时, 通过电平交叉检测器 (LCD), 每次分支 (CT) 检测电平 L 的向下穿越时, 在电平交叉检测器 (LCD) 输出生成短触发脉冲 (TP)。其余的函数和操作与在测定正向交叉 (FC) 函数的情况时交叉器所执行的相同。

当要处理快速变化的信号时, 由电平交叉检测器 (LCD) 引入的延迟可能

过量并应当补偿。延迟补偿可通过采用下述两个方法的一个来实现：

1. 由中间分支 (CT) 前的分支驱动电平交叉检测器 (LCD)，以及通过辅助电路，在电平交叉检测器 (LCD) 输出另外延迟由此获得的预触发脉冲，以便 (通过电平交叉检测器 (LCD) 和电路) 引入的总延迟与两个分支间的相对延迟匹配。

2. 由延时 (TDL)、中间分支 (CT) 前的预触发分支，以及与电平交叉检测器 (LCD) 匹配的两个分支间的相对延迟提供专用预触发分支。

上面已经描述过假定输入信号 $x(t)$ 为单极时的操作。然而，交叉器 (CRS) 也可用来处理双极信号并基于正和负阈值交叉点来导出各自的函数。为实现这点，无论何时正在导出基于负阈值的函数时，在极性选择输入 (PS) 处的信号产生极性反转电路 (PRC) 以便反转输入信号 $x(t)$ 的极性以便电平交叉检测器 (LCD) 能使用用于导出所需函数的相应的正交叉电平。

现在将描述图 7 的监视器 (MON) 的操作。

首先，安置并-串联转换器 (PTS) 来将量化电平 1 的值传送到电平交叉检测器 (LCD) 的阈值输入 (LV)。设置该电平交叉检测器的信号输入 (UD) 以便该交叉器在其输出 (CFO) 产生正向交叉函数。

参考图 5，假定如果输入函数 $x(t)$ 的值及其平均值 AV 之间的差值的模数大于阈值 TH ，该交叉函数具有有效值。因此，在范围 $-\tau_a$ 至 $+\tau_b$ 内该值是有效的。

如果采样间隔小于 $|\tau_b|$ ，那么存在连续随机数将具有一个取决于它们的在前值的偏差的危险，因为用于 τ 的正值的有效正向交叉函数电平表示该函数的正向可预测性。相应地，如果采样电平小于 $|\tau_a|$ ，那么在前随机数具有与它们的随后值相关的偏差工，即，有反向可预测性，即能由以后值确定的在前值风险。在随机数生成中，避免此是很重要的，以便防止预测随机数“种子值”。

因此，希望确保最小采样间隔大于 $|\tau_a|$ 和 $|\tau_b|$ 的最大值。时移比较器 (TSC) 检查交叉函数以便确定 $|\tau|$ 的最大值，在该最大值处，交叉函数和输入信号 $x(t)$ 的平均值 AV 间有显著的差异。

然后转换输入 (UD) 以便交叉器在其输出处产生反向交叉函数，以及时移比较器再次用来找出交叉器输出有效的最大值 $|\tau|$ 。

然后，操作并-串联转换器 (PTS) 来将第二量化电平传送到电平交叉检测器 (LCD) 以及重复交叉器操作以便获得正向和反向交叉函数。为每个量化电

平 1 至 J 执行该顺序。

因此，时移比较器（TSC）为用于所有量化电平 1 至 J 的正向和反向交叉函数计算多个值 τ_{ij} ，其中 $i=0$ （对正向交叉）或 1（对反向交叉），以及 $j=1$ 于 J，每个值 τ_{ij} 表示最大值 $|\tau|$ ，在该最大值处，各个交叉器函数明显不同于平均值 AV。

然后，按下述计算最小采样间隔 MSI:

$MSI = \tau_{ij}$ 的最大值，对于 $i=0,1$ 以及 $j=1$ 至 J。

在图 9 的流程图中更细节地表示该操作。在步骤 900 选择第一量化电平 ($j=1$)，以及在步骤 902 选择正向交叉 ($i=0$)。框 904 中所示的过程是用于导出值 τ_{ij} 。在步骤 906，递增 i （以选择反向交叉），以及在步骤 908，核对 i 以便查看它是否已经超过 1。如果没有，重复过程 904 以便导出用于反向交叉的值 τ_{ij} 。

在步骤 906 再次递增值 i ，以及这时，步骤 908 检测到 i 已经超过 1，以致程序进入步骤 910。在这里，递增值 j 以便选择下一量化电平。在步骤 912，程序确定还没有超过最终量化值 J，因此，重复步骤 902 至 906。因此，在过程 904 期间，计算用于 j 和正向及反向交叉函数的所有值的值 τ_{ij} 。

过程 904 包括最初在步骤 914 设置等于 τ 的最大可能值 τ_{max} 的变量 τ_H 。

在步骤 916，程序确定在该点的交叉函数的值间的差值 τ_H ，即 $V(\tau_H)$ 减去输入信号 $x(\tau)$ 的平均值 AV。然后，程序确定该差值的模数是否大于预定阈值 TH。因为由查看 τ 最大值 τ_{max} 启动该程序，相关函数将接近等于平均值 AV，以便程序进入步骤 918。在该点，将 τ_H 的值递减递增量 τ_i （表示延迟线路（DTL）的连续阶段间的延迟）。重复步骤 916。

因此，程序检查以最大值 τ_{max} 启动的交叉函数，直到步骤 916 检测交叉函数是否超过阈值 TH。在该点，过程进入步骤 920。

在步骤 920，程序设置等于 τ 的最小可能值 τ_{min} 的另一变量 τ_L 。然后，程序进入步骤 922。此时，程序确定用于当前值 τ_L 和平均值 AV 的相关函数间的差值是否超过阈值 TH。如果没有，程序进入步骤 924，其中将 τ_L 增加递增值 τ_i 。然后程序返回到步骤 922。这一点将继续，而所述程序连续检查用于增加 τ 值的交叉函数，直到考虑到该值落在阈值区外。然后，该程序进行到步骤 926。

在步骤 926，该程序设置等于 τ_H 和 τ_L 的最大值的值 τ_{ij} 并存储该值 τ_{ij} 以便以后使用。

在图 9 所示的过程结束时，程序从步骤 912 进入步骤 928，在该步骤，将最小采样间隔 MIS 设定成等于所存储的 τ_{ij} 值的最大值。

将该值发送到比较器 (CMP)，比较器将该值与表示实际采样间隔的值 SPI 比较。如果实际采样间隔大于 MSI，那么，比较器输出 (MSP) 表示预期连续随机数统计上无关。如果需要的话，比较器输出能用来控制采样间隔。即，如果确定当前采样间隔小于 MSI，则增加它。

尽管正向交叉 (FC) 函数和反向交叉 (BC) 函数在调查中提供有用的过程特性，但在实际应用中，某些结合，诸如正向交叉 (FC) 和反向交叉 (BC) 函数的和或差可提供更多信息。

将正向交叉 (FC) 函数 $C_L^+(\tau)$ 和反向交叉(BC)函数 $C_L^-(\tau)$ 的和 $S_L(\tau)$ ，

$$S_L(\tau) = C_L^+(\tau) + C_L^-(\tau)$$

称为交叉和 (CS) 函数，以及在图 10 中示出了典型的例子。交叉函数 (CS) 函数 $S_L(\tau)$ 提供有点类似于由传统的自动交叉函数提供的信息。具体来说，Gaussian 过程的交叉和函数与那个过程的自动交叉函数成比例。另外，任何时间反过程的交叉和 (CS) 函数是其自变量，相对延迟 τ 的事件函数。

将正向交叉 (FC) 函数 $C_L^+(\tau)$ 和反向交叉 (BC) 函数 $C_L^-(\tau)$ 的差 $D_L(\tau)$ ，

$$D_L(\tau) = C_L^+(\tau) - C_L^-(\tau)$$

称为交叉差 (CD) 函数。也在图 10 中示出了典型的例子。交叉差 (CD) 函数 $D_L(\tau)$ 提供与由传统的自动交叉函数的导数提供的信息有关的信息。具体来说，Gaussian 过程的交叉差 (CD) 函数与那个过程的自动交叉函数的求反导数成比例，而且，任何时间反过程的交叉差 (CD) 是其自变量，相对延迟 τ 的奇函数。

能通过使用如图 11 所述的改进的交叉器 (CRS) 来确定用于时间连续信号 $x(t)$ 的交叉和 (CS) 函数和交叉差 (CD) 函数。该系统包括极性反转函数 (PRC)、具有多个分支的模拟延迟线路 (TDL)、两个脉冲延迟电路 (PDL 和 DEL)、脉冲计数器 (PCT)、多个采样保持电路 (SHC)、多个加/减累加器 (ASA) 以及存储寄存器 (SRG)。存储寄存器 (SRG) 还包括适当的波形内插器。

由改进的交叉器执行操作不同于由图 7 的基本交叉器 (CRS) 执行的那些操作如下。

每次在延迟线路 (TDL) 的中间分支 (CT) 检测电平交叉点 (向上穿越和

向下穿越)时,电平交叉处理器(LCP)产生短触发脉冲(TP)。通过将适当的阈值应用到电平交叉处理器(LCP)的阈值输入(LV)来设置期望交叉电平L。通过将适当值应用到电平交叉处理器(LCP)的二进制选择器输入(SD)来选择确定交叉和函数或交叉差函数的所需操作模式。

根据出现在其控制输入(AS)的命令,“ADD”或“SUBTRACT”,每个加减累加器(ASA)增加或减去由各自的采样保持电路(SHC)提供的采样值。

当将由改进的交叉器来确定交叉和(CS)函数时,经公用控制输入(AS),电平交叉处理器(LCP)将命令“ADD”发送给所有加减累加器(ASA),而不管检测的电平交叉点(向上穿越和向下穿越)的类型。然而,当将确定交叉差(CD)函数时,电平交叉处理器(LCP)发送用于每个检测到的向上穿越的命令“ADD”以及用于每个检测到的向下穿越的命令“SUBTRACT”。因为在连续时间信号(相同电平的)向上穿越和向下穿越另外的方案中,运算ADD和SUBTRACT也将是按照交叉图形的另外的方案。

在改进的交叉器系统中,脉冲计数器(PCT)计算所有电平交叉点,但其容量通常设定为偶数 $2N$ 以确保处理过的向上穿越的数量 N^+ 正好与处理过的向下穿越的数量 N^- 相同,在这里, $N^+ = N^- = N$ 。

例如,通过仅生成用于每个量化电平的交叉和,以及使用时移比较器(TSC)来生成最大延迟值 $|\tau|$,图11的交叉器(CRS)可用在图7的监视器(MON)中,在该最大延迟值,交叉和显示出明显不同于输入信号 $x(t)$ 的平均值。

由图7的基本比较器或图11的改进比较器采用的具有多个分支的模拟延迟线路(TDL)能用模拟或数字串-并联输出(SIPO)移位寄存器代替。图12是包含SIPO移位寄存器(SIPOSR)的图7的基本交叉器的框图。该系统也包括信号调节单元(SCU)、时钟生成器(CKC)、电平交叉检测器(LCD)、两个脉冲延迟电路(PDL和DEL)、脉冲计数器(PCT)、多个采样保持电路(SHC)、多个累加器(ACC)以及存储寄存器(SRG)。存储寄存器(SRG)也可包括适当的波形内插器。

由信号调节电路(SCU)来将模拟时间连续信号转换成适当的(模拟或数字)形式,然后将其提供给SIPOSR的串联输入(IP)。

SIPO 移位器由存储单元, C1、C2, ...CM 组成。每个单元具有输入端、输出端和时钟端 (CP)。这些单元串联连接以便除第一个 (C1) 以及最后一个 (CM) 外, 以便每个单元具有连接到在前单元的输出端的输入端, 以及连接到随后单元的输入终端的输入终端。将单元 C1 的输入端用作 SIPO 移位寄存器的串联序列 (IP)。所有 M 个单元的输出端均认为是 SIPO 移位寄存器的并行输出终端。将单元的所有时钟终端 (CP) 连接在一起以便形成 SIPO 移动寄存器的时钟终端。

由时钟生成器 (CKG) 提供适当的时钟脉冲序列。当在时间瞬间 t_0 时, 将时钟脉冲应用到 SIPO 移位寄存器的时钟终端时, 存储在每个逆时针中的信号采样传送 (移动) 并由在前单元来接收。单元 C1 存储输入信号 $x(t)$ 的值 ($x(t_0)$)。例如, 以“组桶式”电荷耦合装置 (CCD) 的型式, 移位寄存器可实现为数字装置或离散时间模拟装置。

将 SIPO 移位器的并行输出连续各自的 M 采样保持电路 (SHC)。两个选定相邻 SIPOSR 输出也连接到电平交叉检测器 (LCD) 的两个输入。在如图 12 所示的系统中, 选定输出是单元 CY 和单元 CZ 的输出。

如果 SIPOSR 输出的数量 M 为奇数, 那么最好两个选定输出中的一个中间输出, 即, SIPOSR 的输出 $(M+1)/2$ 。然而, 如果 SIPOSR 的数量为偶数, 那么两个选定输出最好输出 $M/2$ 和输出 $M/2+1$ 。

因为 SIPO 在由时钟生成器 (CKG) 的时钟脉冲定义的离散时间操作。通过信号采样的交叉预定电平 L 的检测稍微更复杂。然而, 可通过应用下述判定规则来实现交叉检测。

- A. 如果 CY 的输出 $<L$ 以及 CZ 的输出 $>L$, 那么在位于单元 CY 和单元 CZ 间的“虚拟”单元 VC 中出现电平向上穿越;
- B. 如果 CY 的输出 $>L$ 以及 CZ 的输出 $<L$, 那么在位于单元 CY 和单元 CZ 间的单元 VC 中出现电平向下穿越;
- C. 否则在单元 VC 中不出现电平交叉点。

从统计考虑, 它按照当与正处理的信号的时间方面的变动相比, 时钟发生器的周期小时, 在该时钟周期上均匀分布虚拟单元 VC 的“时间”单元。结果, 虚拟单元 VC 位于单元 CY 和单元 CZ 的中间。

如上所述的交叉器 (CRS) 允许生成单独的正向和反向交叉函数 (由此可

以导出交叉和和交叉差函数), 或直接生成交叉和和交叉差函数。可为各个不同交叉电平生成那些函数, 这些交叉电平可均是正和负。在具体的便利装置中, 输入信号 $x(t)$ 具有为零的平均值 AV , 这使得简化了交叉函数的处理。

将使用的交叉函数或函数的组合的选择将视交叉器的应用而定。设想单独生成正向和反向交叉函数将用于确定信号可预测性。然而, 其他环境, 诸如信号分类, 可批准使用交叉和和/或交叉差函数。在任何情况下, 可导出用于单个交叉电平, 或用于多个交叉电平的函数。通常, 假定非 Gaussian 信号, 有更多的信息是使用明显不同于输入信号 $x(t)$ 的平均值 AV 的一个或多个交叉电平。

也可导出其他类型的交叉函数。在如上所述的装置中, 每个函数对应于各个交叉电平。有可能导出与各个不同交叉电平有关的交叉函数的组合(例如, 其间的差)的另外的功能。例如, 对正电平 L , 能从相应的交叉函数减去基于平均值 AV 的交叉电平的交叉函数(即, 正向或反向交叉函数)。对 Gaussian 信号, 最终函数是自动交叉函数的比例化复本。通过将结果与单独导出的自动交叉函数相比, 可确定输入信号特性背离 Gaussian 特性的程序。另外, 采用用于导出用于 Gaussian 信号的自动交叉函数的交叉技术也可视为单独有用。

在如上所述的装置中, 仅考虑输入信号 $x(t)$ 的斜率的符号, 而不考虑其大小。然而, 这不是必需的, 相反, 可将交叉器配置成区分每个正和负方向中不同大小的斜率, 即, 可用两位或多位来表示斜率, 而不是单个位(表示正或负斜率)。在这种情况下, 可为每个量化斜率电平导出单独的交叉函数。另外, 该装置可是在导出交叉函数中仅考虑某些量化斜率电平(例如, 最陡斜率)。

输入信号 $x(t)$ 可表示任何物理感兴趣量, 诸如噪音、压力、位移、线速度、温度等等。因此, 本发明具有宽领域应用, 诸如通信、射电天文学、遥感、水下声学、地球物理学、语音分析、生物医学等等。尽管如上给出的特定例子涉及随时间改变的输入信号, 但函数的自变量可表示适当的独立变量, 诸如相对时间、距离、空间位置、角坐标等等。

如果, 如上所示, 交叉器(CRS)由单独的集成电路设备形成, 最好具有用于输入信号 $x(t)$ 的输入端、用于接收表示交叉电平的信号(LV)的阈值端, 以及用于以并或串联型式提供输出函数(CSO)的输出端。

导出交叉函数可用于分类目的, 而导出交叉波形, 交叉和波形可用于表示最好表示生成信号的对象的具体类。为此, 可提供适当的存储器来存储一组代

表性的交叉波形的“模板”（每个模板对应于各个类并表示那个类的交叉函数的形状）。该分类可通过找出确定的交叉函数的适当表示与存储的模板的最佳匹配来执行。

交叉波形的形状可视为用来判别信号发射对象的几个（包括“未知的”）类的“指纹”符号差。

为示例目的，已经介绍了本发明的优选实施例的上述描述。不打算穷举或将本发明限定到在此公开的精确型式。鉴于上述描述，许多替换、修改和改变将使得本领域的技术人员将本发明用在适合于预想的具体使用的各个实施例中是显而易见的。

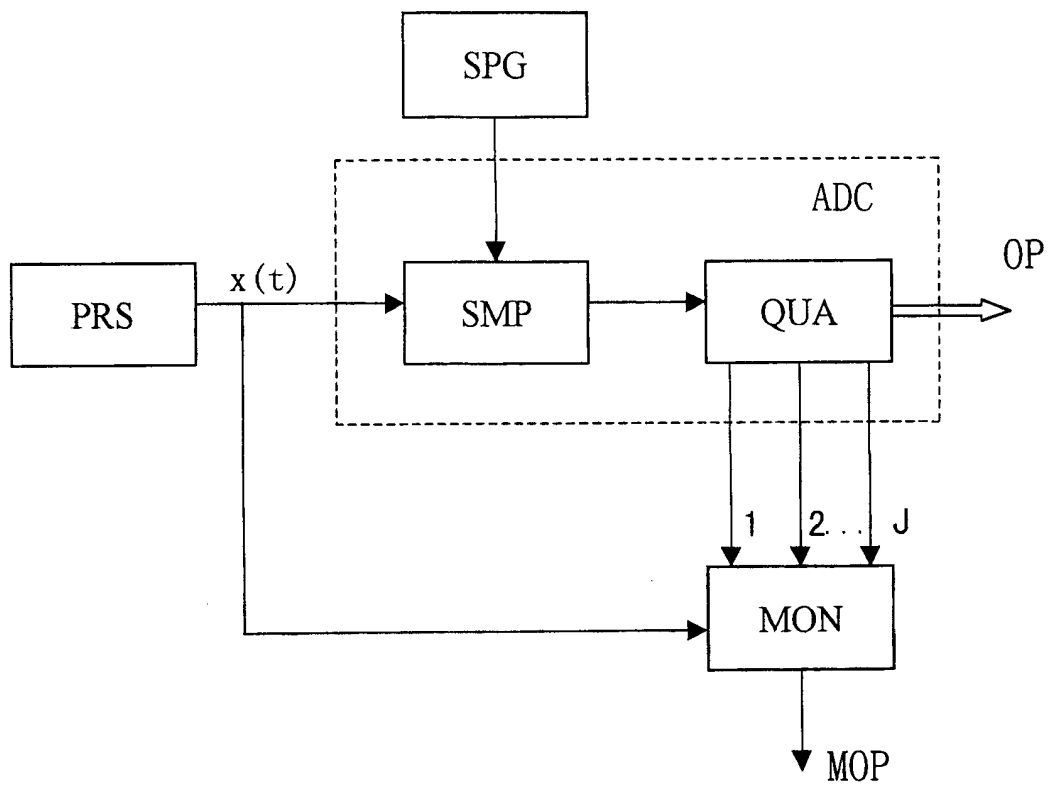


图 1

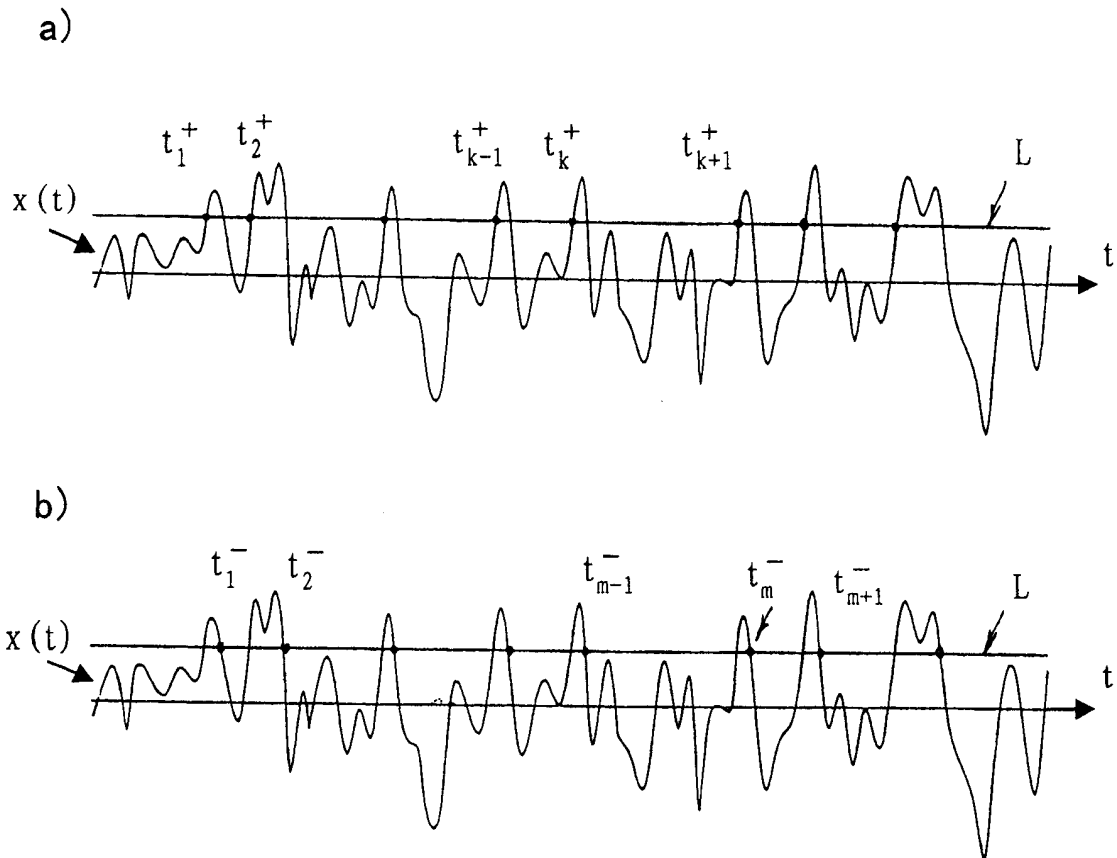


图 2

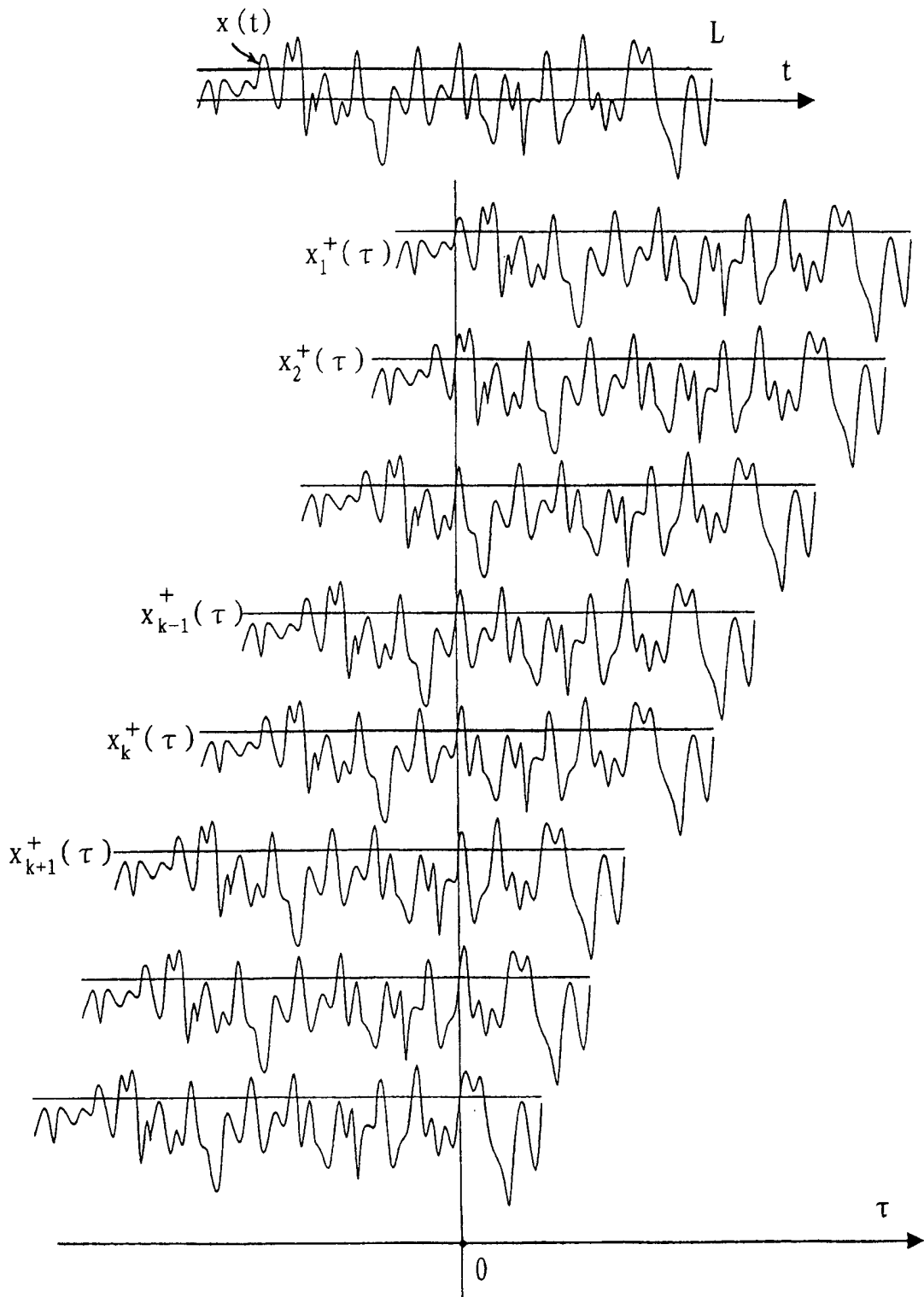


图 3

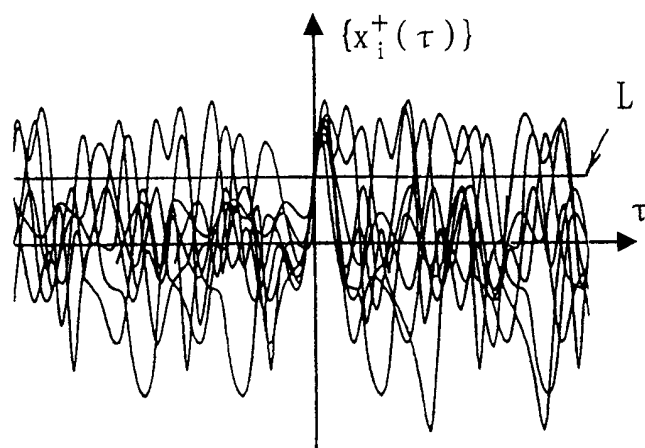


图 4

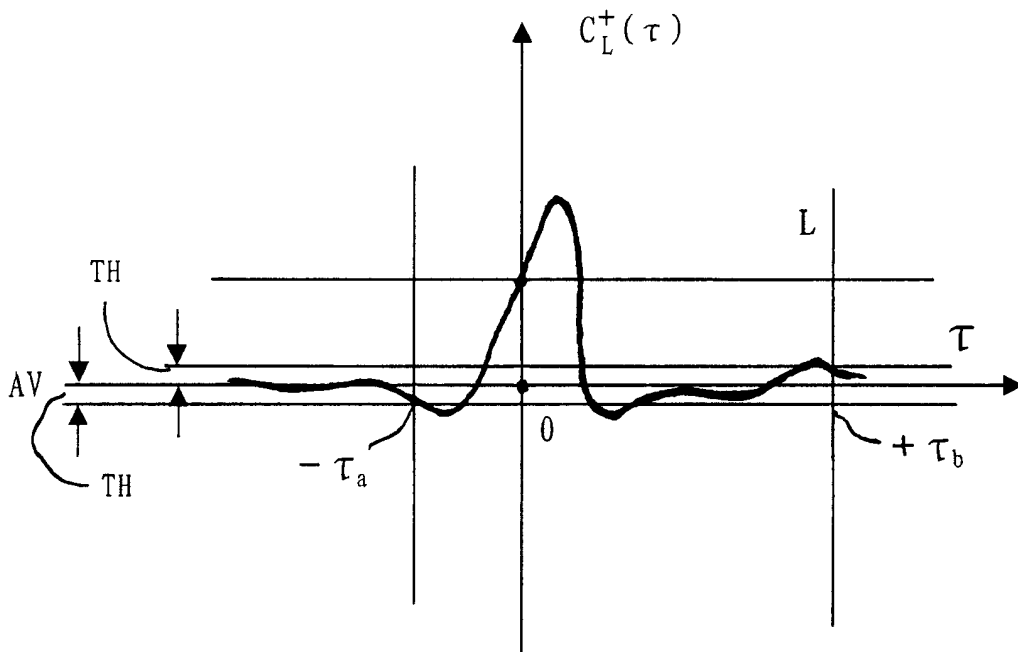


图 5

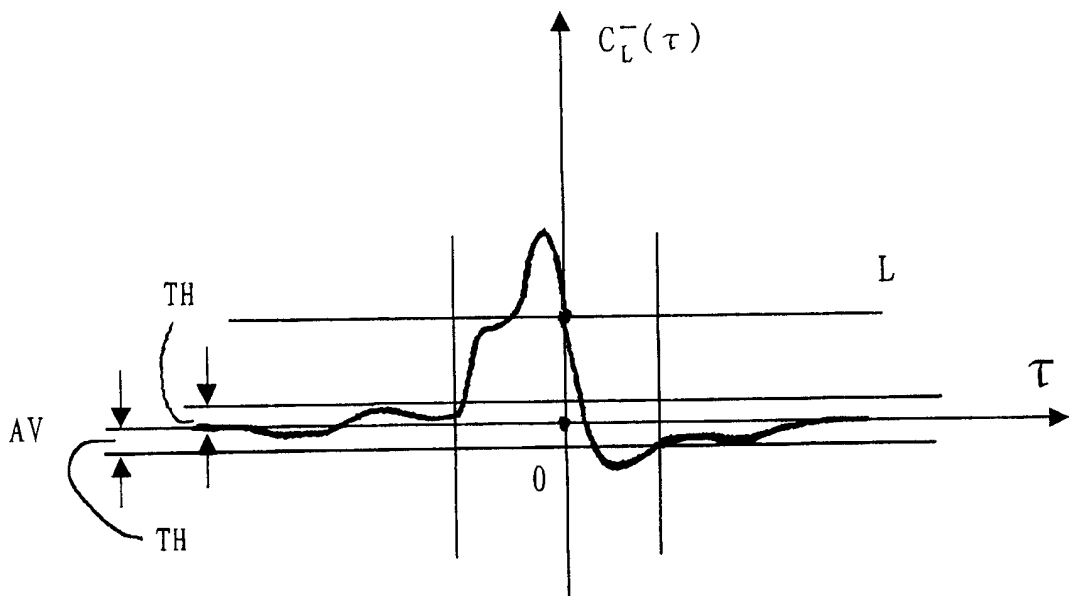


图 6

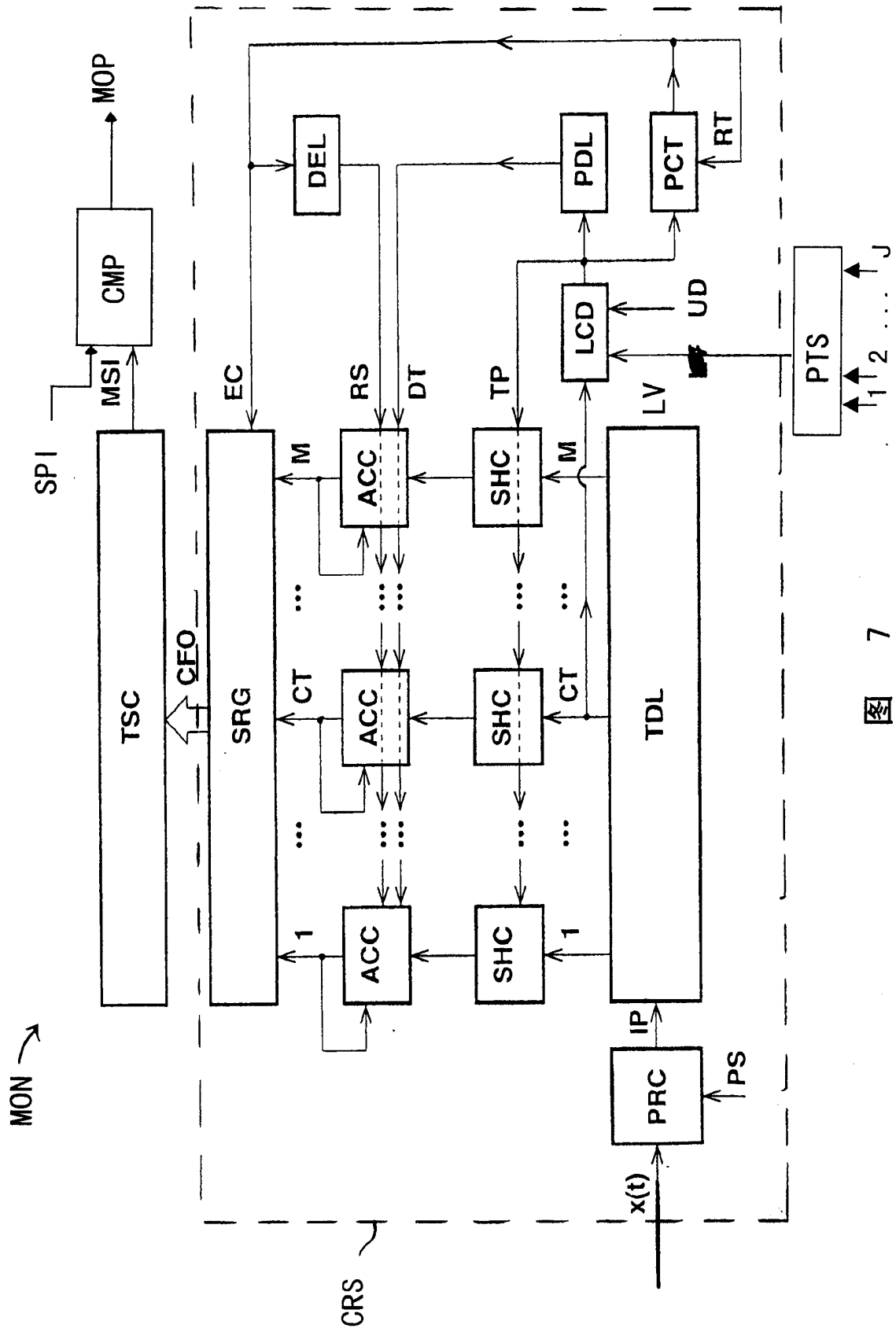


图 7

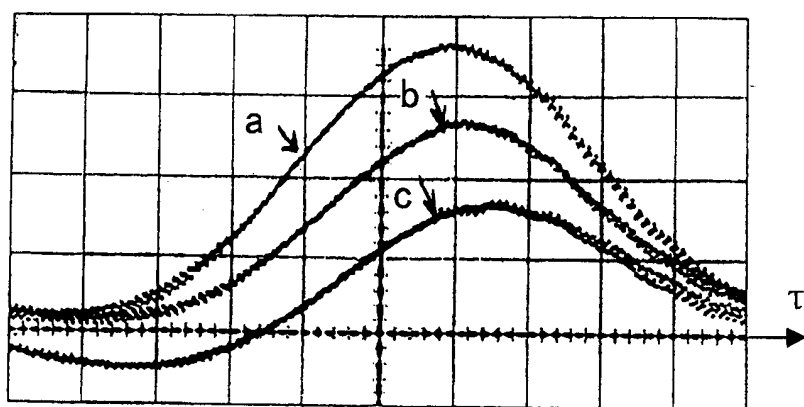


图 8

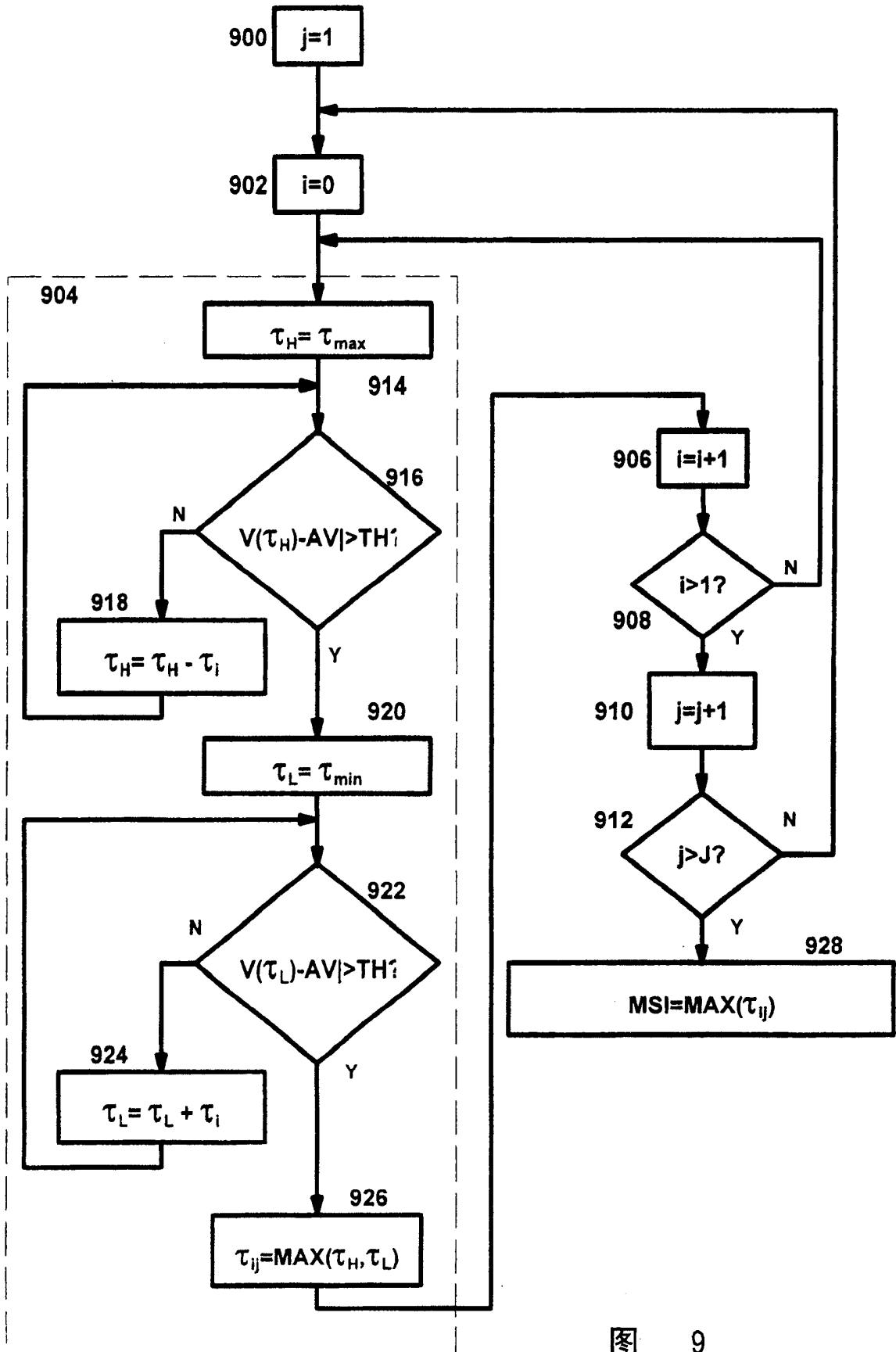


图 9

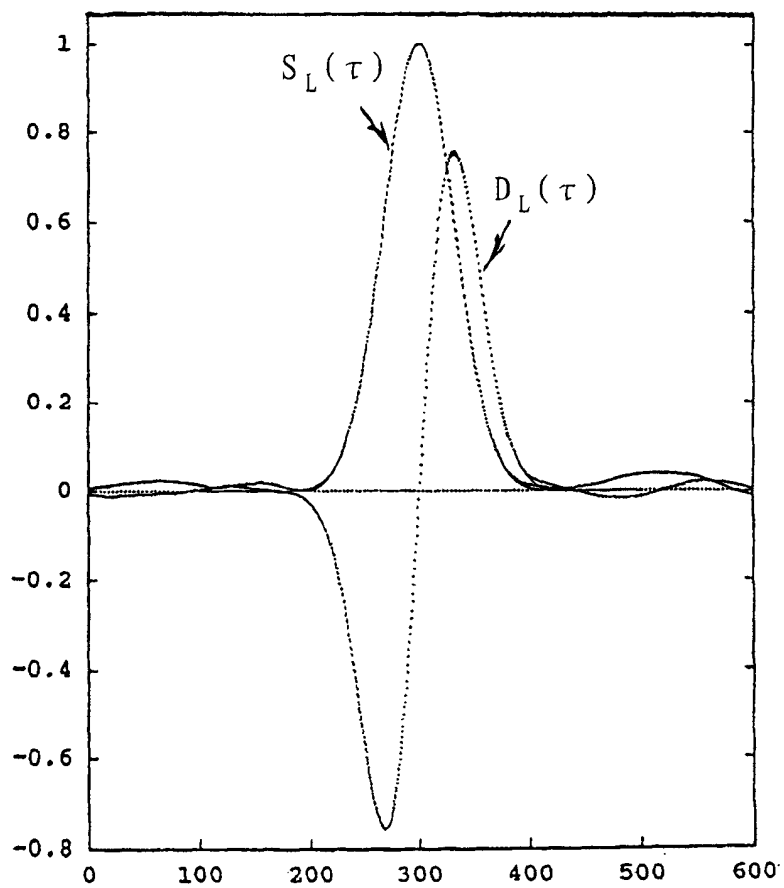


图 10

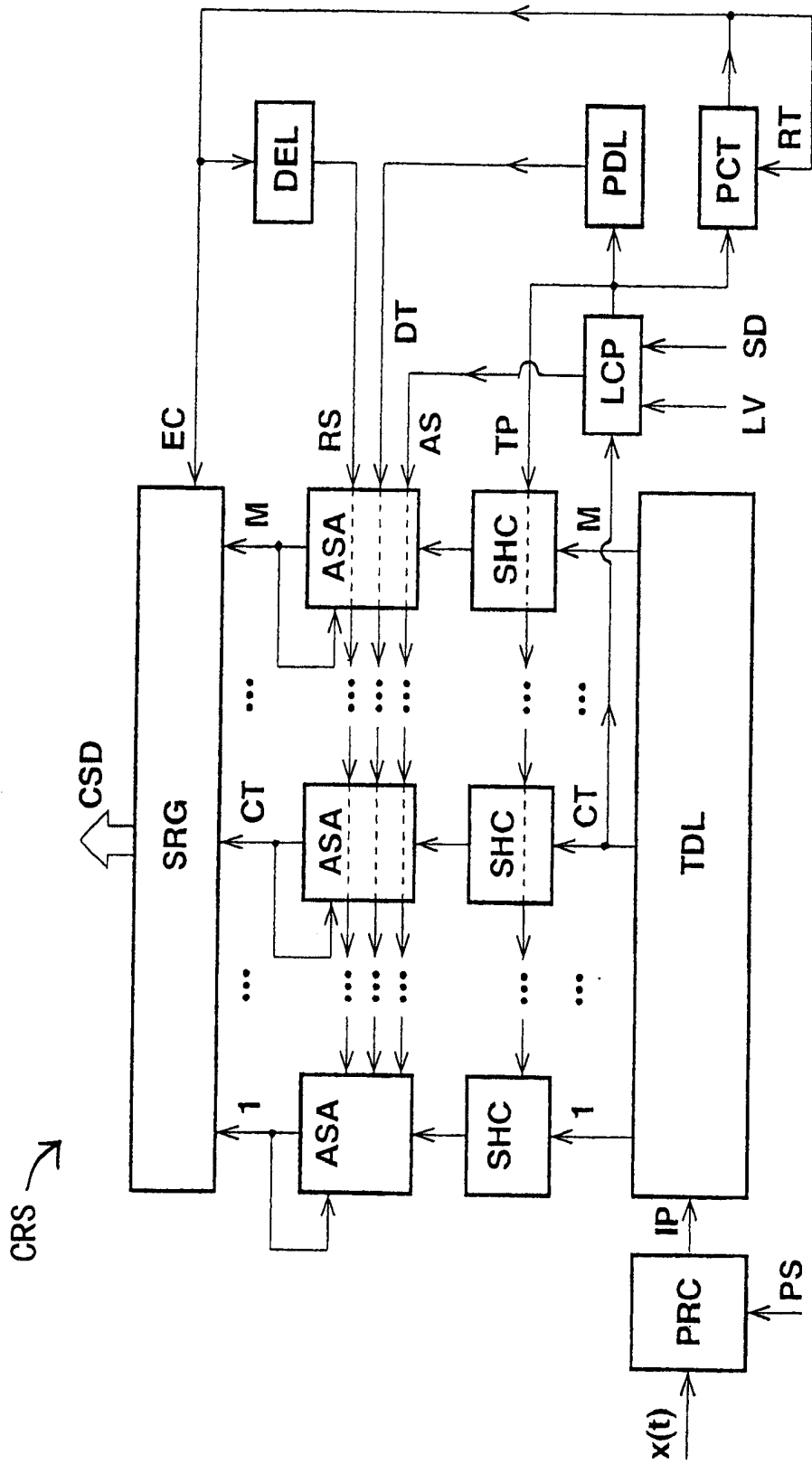


图 11

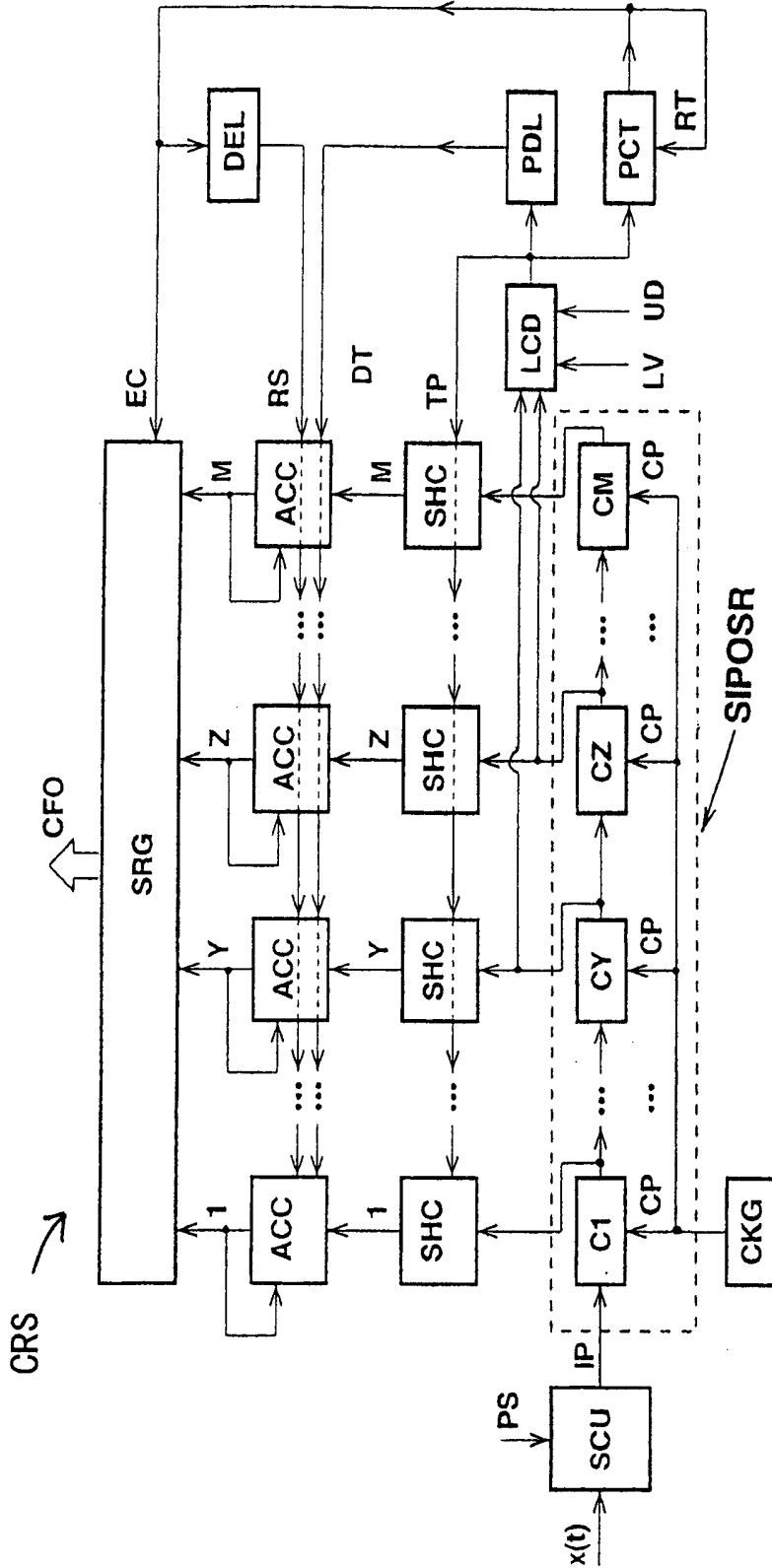


图 12