

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G01R 13/30

G01R 13/34



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 00131396.7

[45] 授权公告日 2004 年 12 月 15 日

[11] 授权公告号 CN 1180265C

[22] 申请日 2000.9.14 [21] 申请号 00131396.7

[30] 优先权

[32] 1999. 9. 14 [33] US [31] 60/153978

[32] 2000. 8. 31 [33] US [31] 09/652939

[71] 专利权人 特克特朗尼克公司

地址 美国俄勒冈州

[72] 发明人 B·A·瓦德

审查员 王晓萍

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

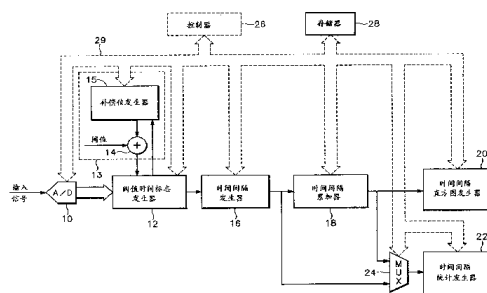
代理人 罗朋 张志醒

权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 6 页

[54] 发明名称 使得时间间隔分布测量结果中的数字化现象最小化的波形时间标定方法

[57] 摘要

一种利用高频脉动后的阈值电平对阈值交叉点进行时间标定的方法。获取输入信号的数字数据采样，并且利用内插为阈值交叉确定时间标志，将时间标记作为时间标志存储。阈值补偿值发生器产生高频脉动阈值的补偿值分布。从时间标志中产生时间间隔值，并且在时间仓中累加时间间隔值的出现的数量。可以产生例如平均的、标准偏差以及最小和最大时间间隔的时间间隔的分布直方图和统计时间间隔分布数据。



1. 一种方法，用于对具有一个或多个标定时间间隔的输入信号的阈值交叉点进行时间标定，包括步骤：
 - 5 a) 确定用于测量阈值交叉点时间标记的阈值电平；
 - b) 获取代表阈值交叉前后的输入信号的数字数据采样；
 - c) 至少在位于阈值交叉点上的第一数据采样和位于阈值交叉点下的第一数据采样之间内插；
 - d) 将内插后的阈值交叉点的时间标记作为时间标志存储；和
 - 10 e) 当对所述输入信号的每一阈值交叉点改变阈值电平时，对于该输入信号的每一阈值交叉点重复步骤 (a) 至 (d)，以得到一系列的阈值交叉点的时间标定。
2. 根据权利要求 1 所述对阈值交叉点进行时间标定的方法还包括产生时间间隔值的步骤。
- 15 3. 根据权利要求 2 所述对阈值交叉点进行时间标定的方法，其中产生时间间隔值的步骤还包括确定输入信号中两个时间标记之间差值的步骤。
4. 根据权利要求 2 所述对阈值交叉点进行时间标定的方法，其中产生时间间隔值的步骤还包括确定两个时间标志之间差值的步骤，其中一个时间标志来自输入信号而另一个时间标志由不同的数据信号所产生。
- 20 5. 根据权利要求 2 所述对阈值交叉点进行时间标定的方法，其中产生时间间隔值的步骤还包括确定两个时间标志之间差值的步骤，其中一个时间标志来自输入信号而另一个时间标志是已存储的参考时间值。
6. 根据权利要求 2 所述对阈值交叉点进行时间标定的方法，其中产生时间间隔值的步骤还包括累加时间仓中时间间隔值出现的数量的步骤。
- 25 7. 根据权利要求 6 所述对阈值交叉点进行时间标定的方法，其中累加步骤还包括产生在时间仓中累加的时间间隔值出现的数量分布直方图的步骤。
8. 根据权利要求 7 所述对阈值交叉点进行时间标定的方法，其中产生分布直方图的步骤还包括显示时间间隔值出现的数量分布直方图的步骤。
9. 根据权利要求 6 所述对阈值交叉点进行时间标定的方法，其中累加步骤
30 还包括从所累加时间仓中为平均的、标准偏差、以及最小和最大时间间隔值产

生时间间隔值出现的数量统计分布数据的步骤。

10. 根据权利要求 9 所述对阈值交叉点进行时间标定的方法，其中产生统计分布数据的步骤还包括显示时间间隔值出现的数量的统计分布数据。

11. 根据权利要求 1 所述对阈值交叉点进行时间标定的方法，其中确定阈
5 值电平 5 的步骤还包括产生阈值补偿值分布的步骤。

12. 根据权利要求 1 所述对阈值交叉点进行时间标定的方法，其中内插步骤还包括在位于阈值交叉点上的第一数据样本和位于阈值交叉点下的第一数据样本之间进行线性插补的步骤。

13. 根据权利要求 1 所述对阈值交叉点进行时间标定的方法，其中内插步
10 骤还包括利用阈值交叉点上下的多路数字数据采样产生高阶内插器的步骤。

14. 根据权利要求 13 所述对阈值交叉点进行时间标定的方法，其中产生高阶内插器的步骤还包括产生窗口函数 $\sin(x)/x$ 的步骤。

使得时间间隔分布测量结果中的数字化
现象最小化的波形时间标定方法

5

本申请要求1999年9月14日提交的美国临时申请第60/153,978号的权利。
技术领域

本发明一般来说涉及对获得的输入信号波形的中的阈值交叉点进行时间标定，其中通过一个或多个标称时间间隔将时间标志分开；并且更具体地涉及一种用于测量交叉点时间标志的高频脉动阈值电平的方法。这种方法能够用于时间间隔分布测量中，使得数字化现象最小化。

10

背景技术

示波器是用于测量电或光信号的例如脉冲宽度、周期或类似的时间间隔的传统测量仪器。例如通过将光标置于交叉点上，确定阈值电平并且对穿过阈值电平的信号交叉点进行时间标定。对时间标定位置之间的时间间隔进行计算，并且作为时间间隔测量结果进行显示。

数字示波器基本上已经取代了用于测量电信号的传统模拟示波器。数字示波器接收输入模拟信号，并且通过由仪器设定的参数确定的特定采样率对信号进行采样。通过模拟/数字转换器使采样信号量化成离散电平，并且将数字化的信号采样存储在存储器中。确定一个阈值电平，并且通过在位于阈值交叉点上下的信号采样之间进行内插，来确定穿过阈值的信号交叉点的时间标记。将内插得到的时间标记用于计算时间标记之间的时间间隔。

计算机和电信行业使用数字示波器产生统计时间间隔分布测量结果，用于检验电信信号满足设定的信号不稳定性标准。获取和存储电信信号的波形记录。设置阈值电平，并且通过利用对位于交叉点上下的一个或多个数据点进行内插，来确定阈值交叉点的时间标记。确定时间标记之间的时间间隔值，并且进行统计时间间隔分布测量。直方图可以由与每个值出现的数量相对的时间间隔值组成，并且就如表示统计时间间隔分布测量结果一样进行显示。

使用数字示波器用来计算一个重复的电信号的时间间隔的缺点在于，由于电信号数字化所导致的现象。由于量化电平是固定的，位于标定阈值上下的采

30

样数据值具有有限数量的组合。结果是，时间标记在采样点之间的有限数量的组合的内插位置上衰减。利用由这些时间标记进行的时间间隔测量将导致时间间隔不一致。具有数字化现象的时间间隔的分布直方图表现为曲线中的离散尖峰信号。对于用户这可能看起来象是输入电信号中的信号不稳定，但事实上是由于信号的数字化引起的。

减少数字化现象的一种方法是，通过对采样进行高频脉动，来向获得的信号采样添加随机量的噪音。随机数的发生器提供作用于每个信号样本的随机数的噪音。用随机数的噪音补偿信号采样的结果是，将信号的阈值交叉点统计地展开。即使将时间间隔分布相对于数字现象的分布展开，统计时间间隔分布的测量结果提供时间间隔和信号不稳定性的更精确信息。

上述用于减少数字化现象的方法具有的缺点在于，计算是昂贵和/或慢的。向每个采样都添加随机数的噪音。对于具有高采样率的数字示波器采样系统，这增加了由处理器执行的基本数字处理成本。可以使用单独的处理器或数字信号处理器（DSP）来完成高频脉动操作，但这种辅助物增加了示波器的成本。

所需要的是一种已经改善全部处理过程的方法，用于为具有一个或多个标定时间间隔的输入信号的阈值交叉点进行时间标定。该方法应当不需要为示波器增加额外的硬件。该时间标定方法能够用来产生统计时间间隔分布测量结果和具有减少的数字化现象的直方图显示。

发明内容

因此，本发明是一种方法，用于为具有一个或多个标定时间间隔的输入信号进行时间标定，能够用来使得时间间隔分布测量结果中的数字化现象最小化。时间标定方法随机地对阈值电平进行高频脉动，以改变输入信号的阈值交叉点。时间标定的步骤包括：确定用于测量阈值交叉点时间标记的阈值电平的步骤，和获得代表输入信号的阈值交叉前和后的数字数据样本的步骤。通过至少在阈值交叉点的上面内插第一数据和在阈值交叉点的下面内插第一数据，来确定阈值交叉点。将所内插的阈值交叉点的时间标记作为时间标志存储。当对所述输入信号的每一阈值交叉点改变阈值电平时，对于该输入信号的每一阈值交叉点重复上述步骤，以得到一系列的阈值交叉点的时间标记，其中该输入信号具有在为确定阈值交叉点而进行内插的交叉点的前后获得的数字数据采样。将这些交叉点的时间标记作为时间标志存储。

阈值电平的确定还包括产生分布阈值的步骤。最好是，该分布是高斯分布。内插步骤还包括在位于阈值交叉点上的第一数据采样和位于阈值交叉点下的第一数据采样本之间进行线性内插的步骤。例如通过产生窗口函数 $\sin(x)/x$ ，可以实现利用阈值交叉点上下的多个数据采样的高阶内插器。

- 5 该时间标定方法包括的其他步骤为：产生定义为两个时间标志之间差值的时间间隔值，和累加时间仓中时间间隔值出现的数量。此外，可以在两个不同波形中的时间标志之间，或者在一个波形中的时间标志与一组参考时间之间产生时间间隔值。还包括步骤：产生和显示在累加时间仓中时间间隔值出现的数量的分布直方图。此外还包括步骤产生和显示来自平均、标准偏差和最小及最大时间间隔的累加时间仓中时间间隔值的统计分布数据。

10 将时间标定方法与使得对具有一个或多个标定时间间隔的输入信号进行时间间隔分布测量中的数字化赝象最小化的方法结合。先前所描述的时间标定方法使用高频脉动后的阈值电平，来产生输入信号阈值交叉点的时间标志。例如窗口函数 $\sin(x)/x$ ，线性或高阶内插是用于确定阈值交叉点的两个备选步骤。通过产生阈值分布的步骤可以完成阈值的高频脉动。产生时间间隔，并且在时间仓中累加时间间隔值的出现的数量。产生来自平均、标准偏差和最小及最大时间间隔的累加时间仓中时间间隔值的统计分布数据。另外的步骤包括显示时间间隔值的统计分布数据。另外的步骤包括产生和显示时间仓中时间间隔值出现的数量的直方图。

20 附图说明

参照所附权利要求和附图，可以从下述的详细描述中更清楚地理解本发明的目的、优点和具有新颖性的特征。

图 1 是表示根据本发明对输入信号进行时间标定的方法的功能的方框图；

图 2 表示的是在根据本发明对输入信号进行时间标定方法中所获得的具有高频脉动阈值电平的波形；

图 3 是表示获得的输入信号中数字化赝象的时间间隔分布直方图；

图 4 是表示在根据本发明测量输入波形时间间隔的方法中使用已高频脉动的阈值电平，来抑制数字化赝象的时间间隔分布直方图；

图 5 是数字示波器的示意方框图，该数字示波器用于实现根据本发明测量输入波形时间间隔的方法；

图 6 示意性地显示了数字示波器，其表示由根据本发明对输入信号进行时间标定方法所产生的时间间隔分布直方图和统计分布数据；

图 7A 是时钟信号波形，表示在根据本发明对输入信号进行时间标定方法中已高频脉动的阈值电平；

5 图 7B 是数据信号波形，表示在根据本发明对输入信号进行时间标定方法中已高频脉动的阈值电平；

图 7C 是参考信号波形，表示在根据本发明对输入信号进行时间标定方法中的电平。

具体实施方式

10 参照图 1，所示的是表示本发明对输入信号进行时间标定方法的功能的方框图。该功能方框图包括接收输入信号的模拟/数字转换器 10 (A/D)。阈值时间标志发生器 12 接收数字数据采样，以及接收来自阈值补偿值发生器 13 的初始阈值。阈值补偿值发生器 13 具有接收阈值和由补偿值发生器 15 产生的补偿值的加法电路 14，补偿值发生器 15 产生补偿值的分布。加法电路 14 将来自补偿值发生器 15 的补偿值与阈值电平相加，以产生将在下面详细描述的高频脉动后的阈值电平。利用来自阈值补偿值发生器的阈值电平，阈值时间标志发生器 12 计算出输入信号的阈值交叉点的时间标志。时间间隔发生器 16 接收该计算出的时间标志，并且从时间标志中得出时间间隔值。时间间隔累加器 18 具有时间仓，其可选择的仓宽度总数达到在每个仓间距内衰减的时间间隔值出现的数量。时间间隔直方图发生器 20 接收来自时间仓的已累加的时间间隔出现的数量，并且产生代表与输出时间仓数值相对的累加时间间隔出现的数量的图形显示以输出到显示器。经由多路调制器 24，时间间隔统计发生器 22 还接收来自时间仓的累加后的时间间隔出现的数量或来自时间间隔发生器的时间间隔值。时间间隔统计发生器 22 产生平均、标准偏差和最小或最大时间间隔值的统计数
15
20
25

图 1 还表示通过信号和数据总线 29 与 A/D 转换器 10 和功能块 12-22 连接的虚线表示的控制器 26 和存储器 28。在本发明的时间标定方法的优选实施例中，将来自 A/D 转换器 10 的数字数据采样存储在存储器 28 中，并且通过例如微处理器或类似的控制器 26 来处理，在执行功能块 12-22 的操作的程序控制下。
30 此外，虚线表示的元件 26-29 代表存储器和数字信号处理器 (DSP) 用于执行

功能块操作的每个功能块 12-22。假定 DSP 和存储器具有足够的处理速度，另外的功能块能够执行阈值交叉点和时间间隔直方图以及统计得出的实时时间标定。

5 参照图 2，表示获得的具有高频脉动后的阈值电平的输入信号波形 30，该阈值电平是在本发明对输入信号进行时间标定方法中所使用的。水平方向是时间并且垂直方向是幅值。输入信号具有第一标定时间间隔“x”和第一标定时间

间隔整数倍的附加标定时间间隔 $2'x'$, $3'x'$, $4'x'$, ... $n'x'$ ”。穿过波形 30 的虚线表示初始阈值 32。将数字数据采样点表示为波形 30 的点 34, 波形 30 具有穿过阈值电平表示为每个阈值交叉点的采样点。

如上所述, 由于量化电平是固定的, 位于标定阈值上和下的采样数据值具有有限数量的组合。得到的时间标志在位于采样点之间的有限数量的内插位置上衰减。利用这些时间标志进行的时间间隔测量通过图 3 中的时间间隔直方图中的尖峰图形化地表示数字化现象。本发明的时间标定方法对阈值电平进行高频脉动, 以随机改变输入信号的阈值交叉点。得到的输入信号时间间隔的时间间隔分布平均地展开并且屏蔽数字化现象。在图 4 的时间间隔直方图中图形化地表示。

回到图 2, 最好获取输入波形 30 的数字数据采样 34 作为单个的信号数据记录并且存储在存储器中。至少在位于阈值交叉点 38 上的第一数据采样 36 和阈值交叉点 38 下的第一数据采样 40 上进行线性内插, 以确定交叉点 38 的时间标记。也可以利用高阶内插来确定交叉点 38 的时间标记, 例如利用位于交叉点 38 上下的多重采样的窗口函数 $\sin(x)/x$ 。将阈值交叉点 38 的时间标志作为时间标记存储在存储器中, 并且为下一个阈值交叉点 42 对阈值电平进行随机高频脉动。为防止噪音输入信号中错误时间标记的产生, 如在 44 所示, 高频脉动的阈值电平与交叉点偏离一定数量的数据采样。最好利用产生随机值分布的补偿值发生器来完成阈值电平的高频脉动。既可以在硬件中也可以在软件中实现补偿值发生器。最好是, 补偿值发生器产生高斯分布的值。也可以利用其它分布的补偿值, 只要它们能抑制数字化现象。将随机值添加到阈值中以建立新的阈值, 例如阈值 46。对位于新阈值上下的数字数据采样进行内插以产生该阈值交叉点的时间标记, 并且作为交叉点的时间标志进行存储。阈值电平的高频脉动和交叉点的时间标志重复穿过波形记录。依靠所进行的时间间隔测量, 阈值交叉点的时间标定可能发生在小于每个交叉点之处。例如, 如果执行一个周期的时间间隔测量, 仅每隔一个阈值交叉点需要时间标志。

上述使用高频脉动阈值电压的阈值交叉点的时间标定实际上减少了用于产生时间间隔分布数据的处理时间。产生随机阈值补偿的频率小于产生随机数据点补偿的频率。对单个值、也就是该阈值进行高频脉动比对所有或部分数字数据采样进行高频脉动的计算更有效。此外, 本发明使用高频脉动阈值电平的

时间标定方法将其自身提供给时间间隔分布数据的实时处理。

参照图 5, 所表示的是数字示波器 50 的示意性方框图, 数字示波器 50 是在执行本发明利用高频脉动阈值电平对输入信号进行时间标定的方法中所使用的。数字示波器 50 具有可以以多种方式实现的采集系统 52。使输入信号经过
5 可调衰减器 54 和前置放大器 56 进行耦合。在高数字化率的采样示波器中, 例如 TDS7104 数字示波器中 (由 Tektronix, Inc. Beaverton, Oregon 和本发明的受让人制造和出售), 每个输入信道具有数字化管路, 如用管路 58 和 60 表示的。每个示波器的输入信道可能包括任何数量的管路。每个管路具有跟踪/保持 (T/H) 电路 62、模拟/数字转换器 (A/D) 转换器 64 和存储器 66。时基 68 向
10 采集系统 52 提供定时信号, 用于将输入信号的模拟值锁定在 T/H 电路 62 中; 时钟控制 A/D 转换器 64 将 T/H 电路上的模拟值数字化; 并且将数字化的值存储在存储器 66 中。管路 58、60 具有附加电路 (没有显示), 用以补偿或延迟每个管路 58、60 的时基信号, 以产生“x”倍定时信号率的采集率, 其中“x”是采集系统 52 中的管路数。代表输入信号的数字数据样本经由系统总线 70 从采集
15 系统 52 输出。存储器 72 与总线 70 连接, 并且包括 RAM、ROM 和利用 RAM 存储器存储例如输入信号的数字数据采样、计算出的时间间隔值、统计时间间隔分布数据、和类似的易失性数据的超高速缓冲存储器。存储器 72 经由系统总线与控制器 74 (例如由 Intel, Corp., Santa Clara, CA 制造和出售的 CELERON™ 或 PENTIUM® 微处理器) 连接。系统总线 70 还与可调衰减器 54, 例如液晶显
20 示器、阴极射线管或类似的显示装置 76, 和具有按钮、旋钮及类似的和/或例如键盘和/或鼠标控制输入的装置的面板 78 连接。还可以将例如硬盘驱动器、CD ROM 驱动器、磁带驱动器、软盘驱动器或类似的读取和/或写入适当大量存储媒介中的一个或多个海量存储单元 80, 与系统总线 70 连接。可以将用来控制数字示波器 50、执行利用高频脉动阈值电平执行时间标定方法、和产生的
25 时间间隔分布直方图和统计数据程序指令, 存储和从 ROM 存储器 72 或海量存储单元 80 的海量存储媒介中读取。数字示波器 50 是 WINDOWS® 操作系统 (由 Microsoft, Corp., Redmond, WA 制造和出售) 控制下的以 PC 机为基础的系统。

可以利用前面板 78 为数字示波器 50 设置例如采样率、横坐标和纵坐标等
30 采集和显示参数。附加参数将包括调用时间间隔分布测量和设置用于时间间隔

累加器和直方图显示的仓宽度。将例如 622.8MHZ 或 1.44MHZ 的电信信号的输入信号耦合到示波器 50 的信道输入中。激活采集系统 52 以获得输入信号的波形记录。将采集系统 52 的存储器 66 中的数字数据采样经由系统总线 70 传递给系统存储器 72。在来自存储器 72 中所存储程序的持续控制下，控制器 74 显示一部分已存储的波形采集。可以将单独的显示处理器用于在显示装置 76 上产生显示。控制器 74 还利用前述的高频脉动阈值电平对所获取输入信号的阈值交叉点进行时间标定。利用时间标志产生时间间隔值，并且计算出在相应时间仓内衰减的时间间隔出现的数量。为所显示的波形的阈值交叉点产生一个或多个分布直方图，并且如图 6 中所示数字示波器显示那样在显示器 76 上进行显示。控制器 74 处理时间仓中的时间间隔出现的数量，以产生时间间隔上的统计分布数据，包括平均的、标准偏差以及分布数据中最小和最大或峰峰时间间隔。

在应用到数字示波器 50 的采集系统 52 输入信道的输入信号上，执行上述阈值交叉时间标定方法和时间间隔分布测量。也可以在应用到采集系统 52 的不同输入信道的多路波形上执行时间标定方法和时间间隔分布测量法。参照图 7A，表示的是例如可能在电信系统中产生的时钟信号的波形。将利用高频脉动阈值电平的时间标定方法用于对该时钟信号的阈值交叉进行时间标定。为时钟信号产生统计分布数据，以确定平均时间间隔周期“P”。利用 50%的阈值交叉点做为参考，可以确定时钟信号的阈值交叉次数。

图 7B 表示的是在采集系统 52 的一个单独的输入信道上获取的数据信号。将利用高频脉动阈值电平的时间标定方法用于对该数据信号的阈值交叉点进行时间标定。为该数据信号产生统计分布数据，以确定平均时间间隔周期“P₁”。利用 50%的阈值交叉点做为参考，可以确定数据信号的阈值交叉时间。然后可以确定时钟上升沿和数据上升沿之间的时间间隔差并存储在时间仓中，用于产生时间间隔差分布直方图。也可以从时间间隔差值中产生统计分布数据。

图 7C 表示的是参考信号，例如参考时钟信号，用于确定参考时钟信号和时钟信号之间的时间间隔差。参考时钟信号可以是一组存储在存储器 72 中的参考时间，或者可以从感兴趣的时钟信号中产生。通过对大量时钟周期求平均，来估计感兴趣的时钟信号的频率。估算出的时钟频率用来作为参考信号的参考频率，对 50%的交叉进行时间标定并作为参考时间存储。将利用高频脉动阈值

电平的时间标定方法用于对感兴趣的时钟信号阈值交叉进行时间标定，并且为时钟信号产生统计分布数据，以确定平均时间间隔周期“P”。可以确定感兴趣的时钟信号上升沿和参考时钟相应上升沿的参考时间之间的时间间隔差，并存储在时间仓中，用于产生时间间隔差分布直方图。也可以从时间间隔差值中产生统计分布数据。

- 5 已经描述了利用高频脉动阈值电平对输入信号阈值交叉点进行时间标定的方法。在最大值，改变输入信号的每个阈值交叉阈值电平。获取输入信号的数字数据采样，并且利用内插确定阈值交叉的时间标记。将时间标记作为时间标志存储。阈值补偿值发生器或类似装置产生用于高频脉动阈值的补偿值分布。
- 10 利用线性两点内插、例如窗口 $\sin(x)/x$ 内插或类似具有阈值交叉上下更多点的多重内插，可以完成阈值交叉点的内插。从时间标定中产生时间间隔值。在时间仓中对时间间隔值出现的数量进行累加，并且产生时间间隔分布直方图。对时间仓中所累加的时间间隔值进行处理，以产生例如平均的、标准偏差以及最小和最大时间间隔的时间间隔分布数据。
- 15 本领域的技术人员将明白，在不违背其根本原理的前提下，可以对本发明上述实施例的细节进行一些变化。因此，本发明的范围将仅由随后的权利要求书所确定。

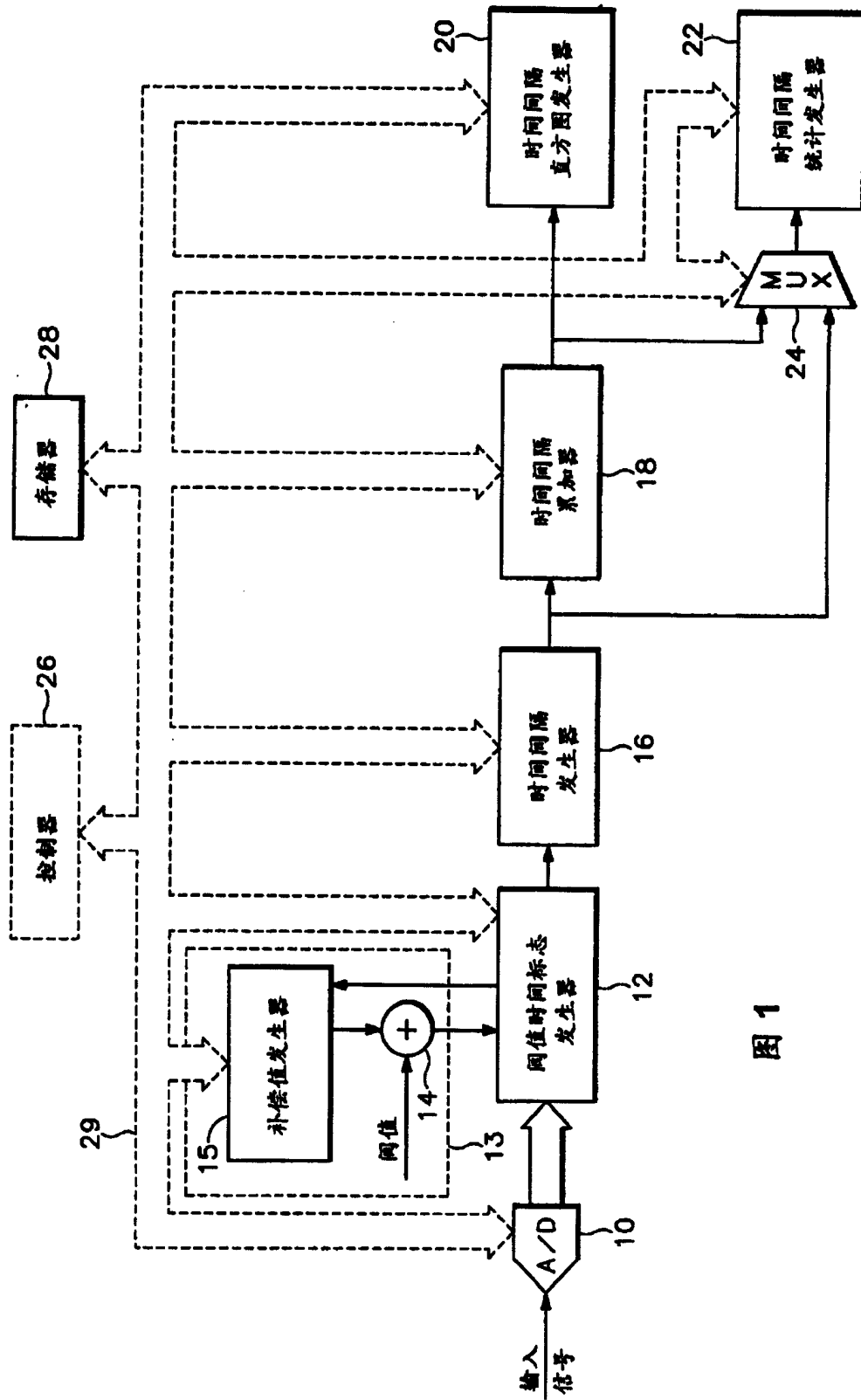


图1

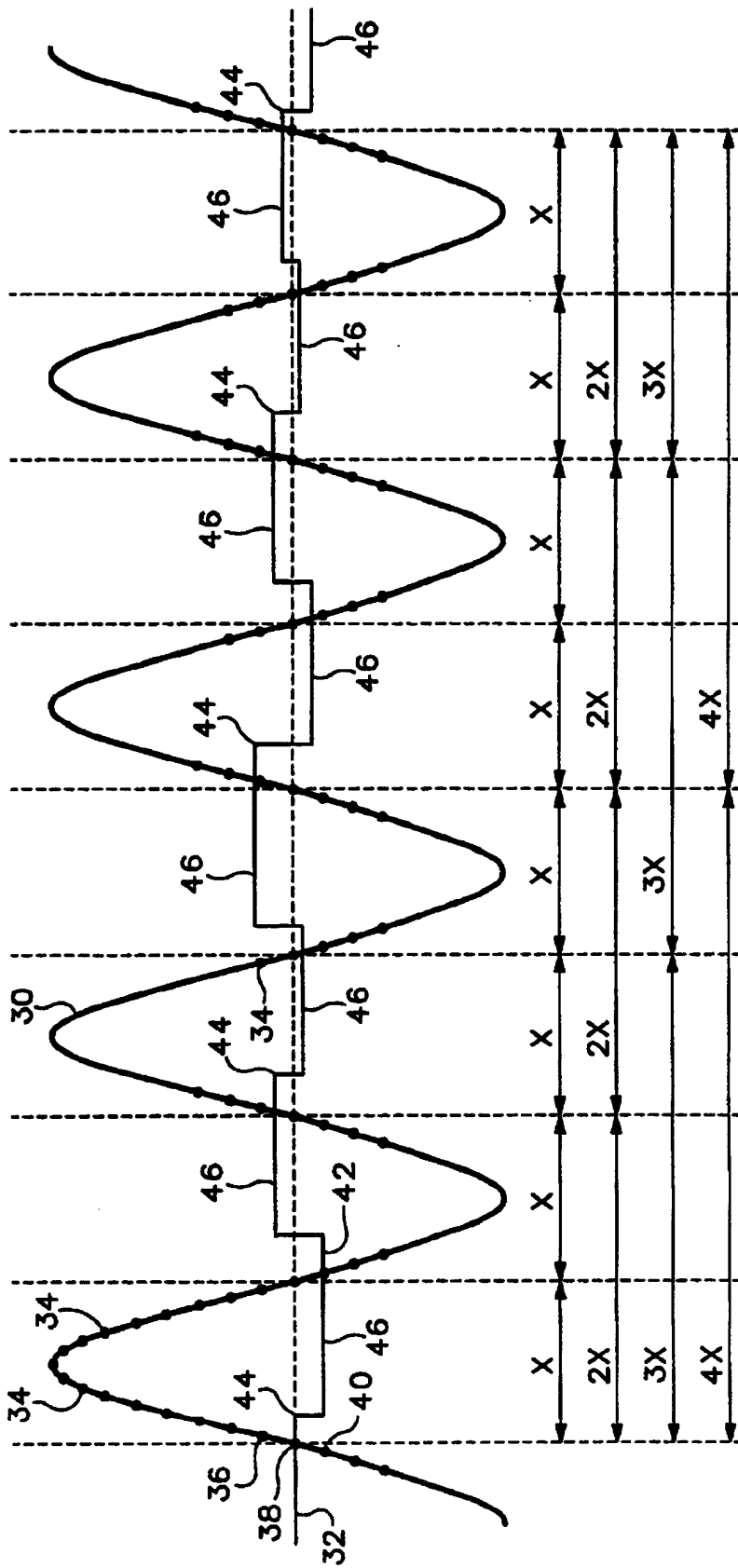


图 2

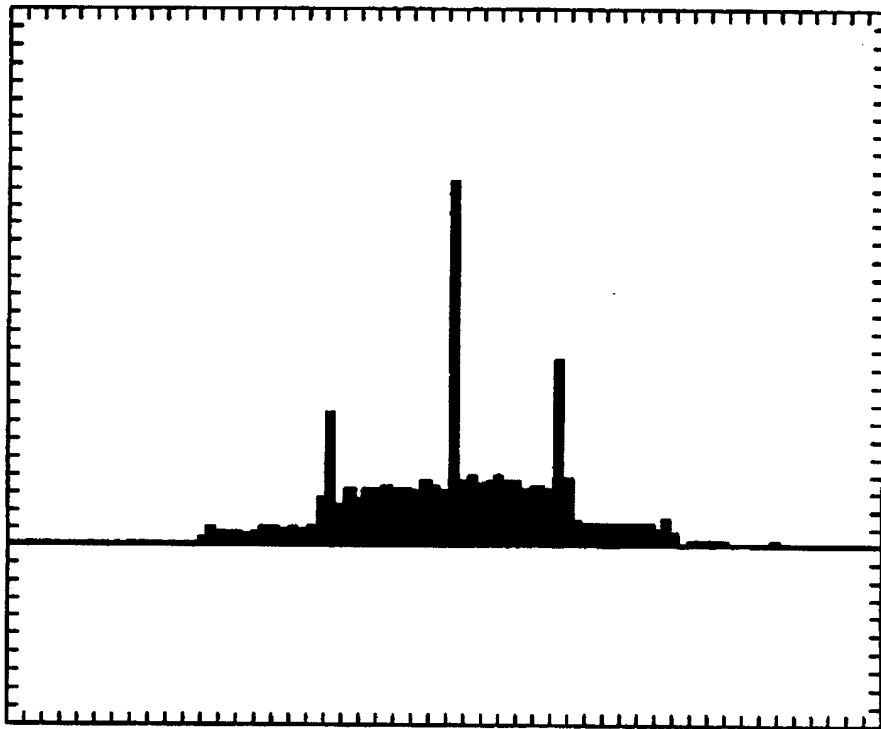


图 3

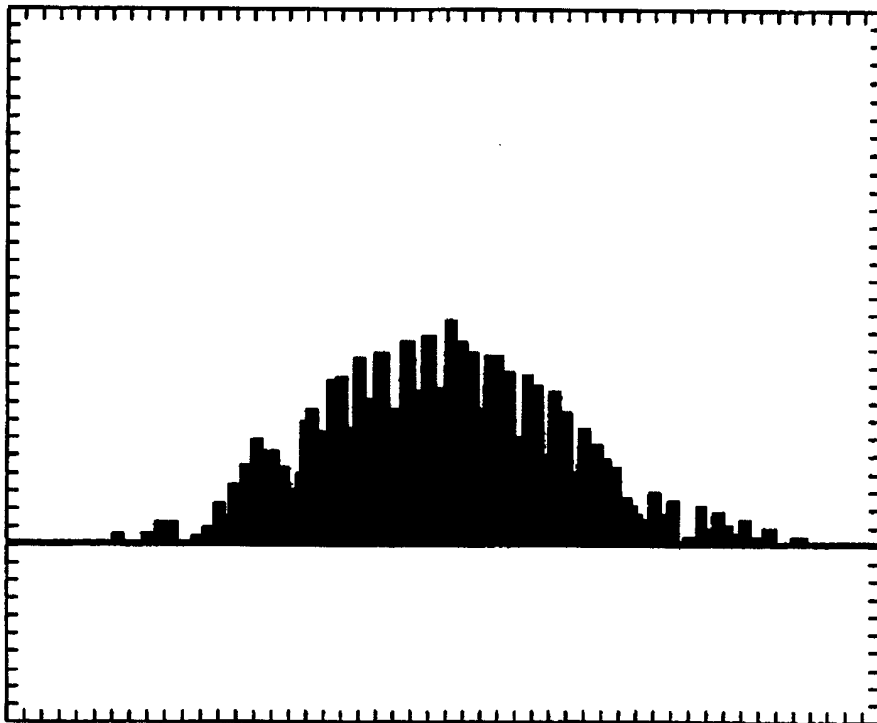


图 4

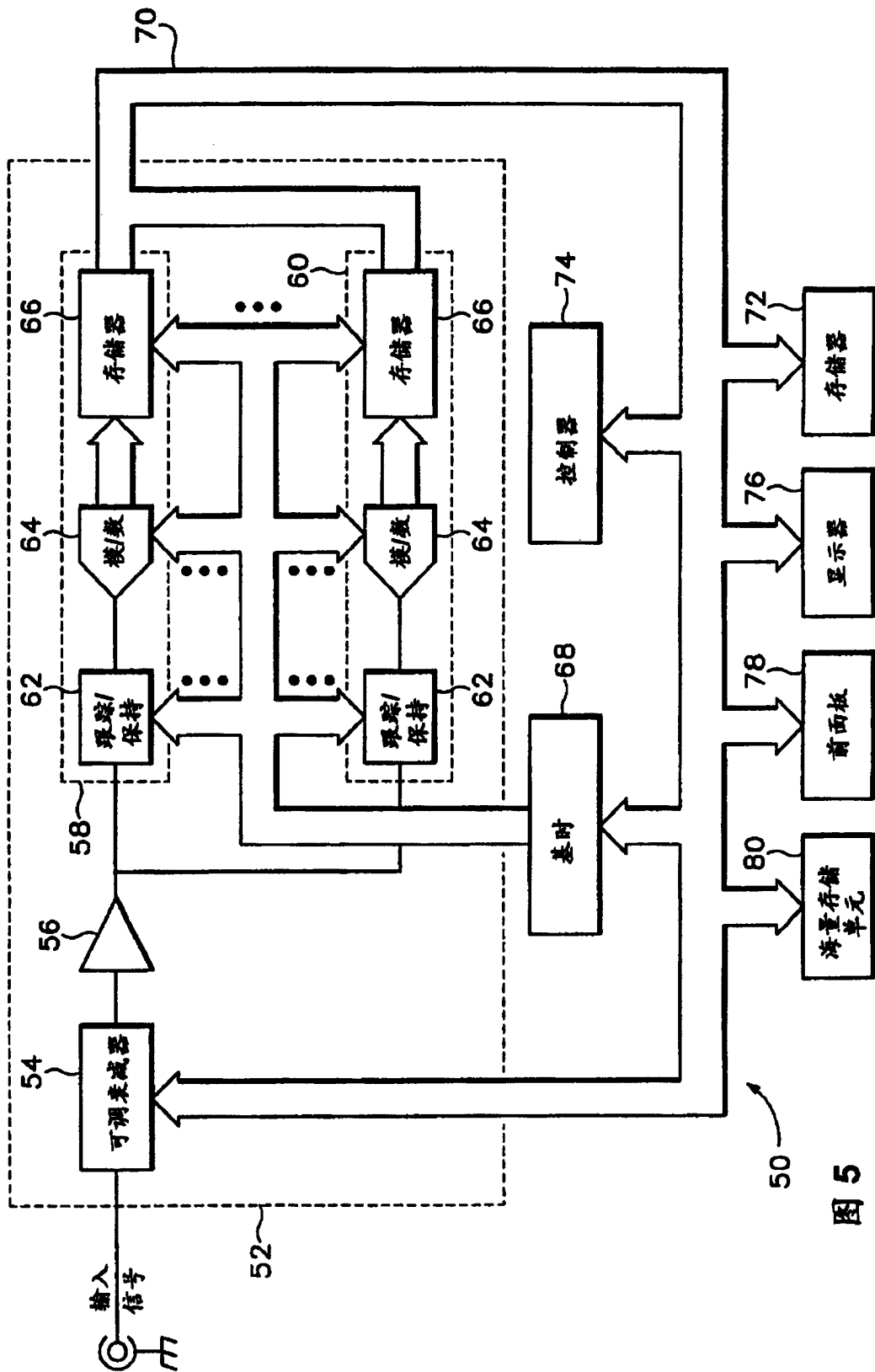


图 5

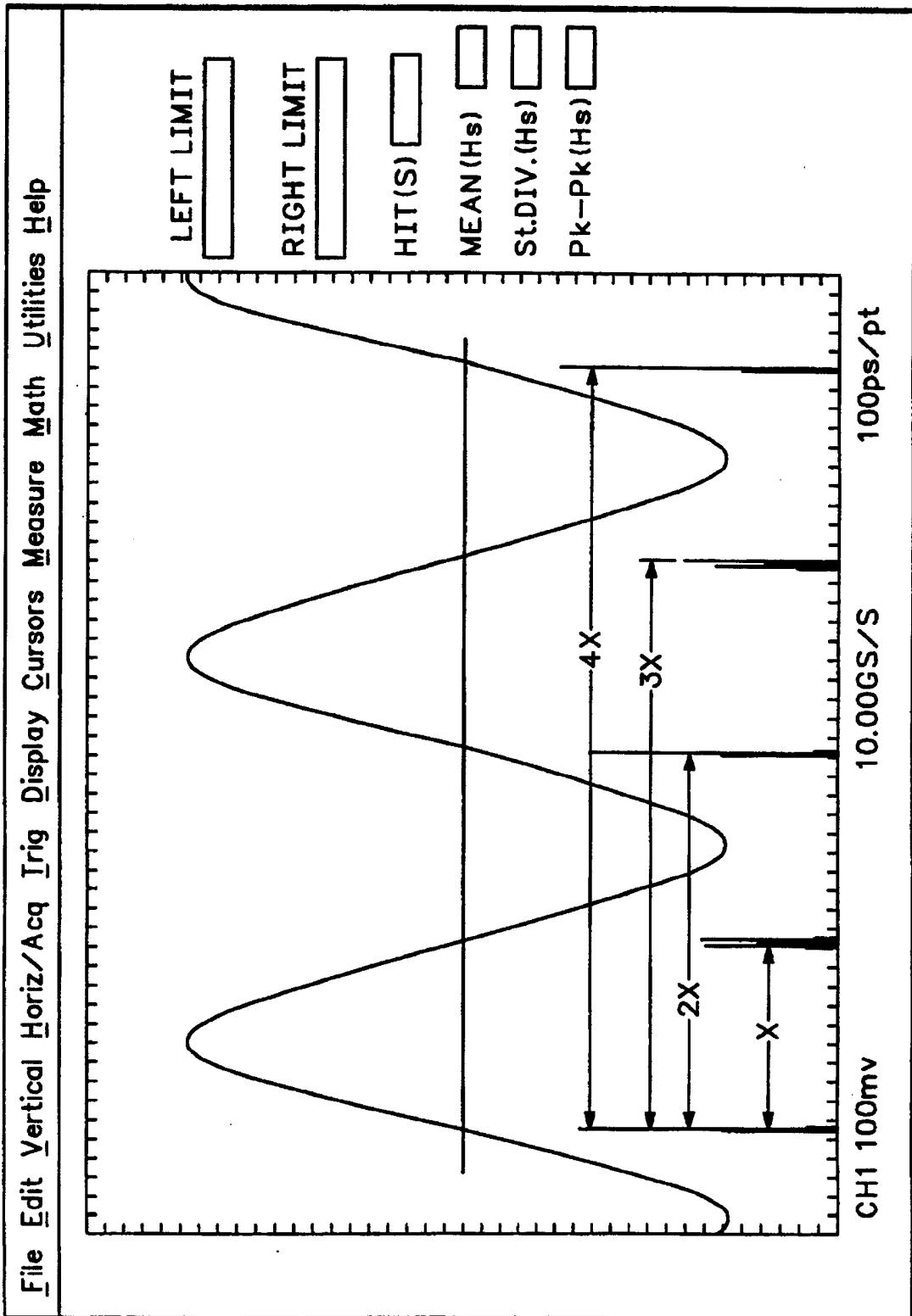


图 6

