



## [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97111558.3

[43] 授权公告日 2003 年 5 月 28 日

[11] 授权公告号 CN 1110178C

[22] 申请日 1997.5.14 [21] 申请号 97111558.3

[30] 优先权

[32] 1996.5.14 [33] FR [31] 9605992

[71] 专利权人 阿尔卡塔尔公司

地址 法国那特拉

[72] 发明人 克里斯琴·吉尔梅因

阿布德克里姆·费拉德

[56] 参考文献

JP58156264A 1983.09.17 H04N1/32

US4068174 1978.01.10 H04L25/00

审查员 向琳

[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

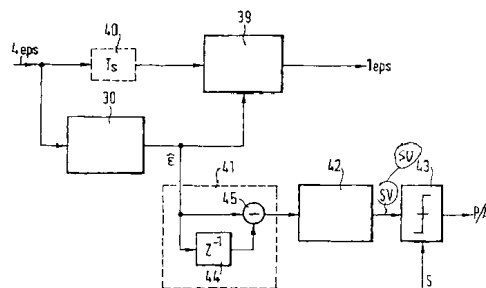
代理人 陆立英

权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 3 页

[54] 发明名称 检测数字信号载波存在的系统及包  
括这种系统的接收器

## [57] 摘要

本发明涉及一种在给定定时频率的数字信号中是否存在载波的检测系统。该系统包括在各个符号时间( $T_s$ )均提供至少两个数字信号基频带样本的装置。根据该发明,本系统包括:一个定时估算器(30),它根据基频带样本提供一个与待恢复定时频率和本机时钟频率间的相位偏差相对应的偏差信号( $\varepsilon$ );检测装置(42, 43),当表示偏差信号( $\varepsilon$ )变量的数值(SU)达到阈值(S)时,检测装置产生表示载波被检测的检测信号(A)。



1.一种检测在给定时钟频率的数字信号中载波的存在检测系统，所述系统包括在各个符号时间 ( $T_s$ ) 均提供至少两个所述数字信号的基频带样本的装置，其特征在于该系统有：

一个定时估算器 (30)，它根据所述基频带样本提供一个与待恢复的时钟频率和本机时钟频率间的相位偏差相对应的偏差信号( $\hat{\epsilon}$ )；

检测装置 (42, 43)，当表示所述偏差信号的变化值( $SU$ )达到阈值 ( $S$ ) 时，检测装置 (42, 43) 产生指示所述载波被检测的检测信号 ( $A$ )。

2.根据权利要求 1 所述的系统，其特征在于所述的检测装置包括一个计算所述偏差信号( $\hat{\epsilon}$ )变化的计算器 (42)。

3.根据权利要求 1 或 2 所述的系统，其特征在于它有用以消除所述定时估算器 (30) 和所述检测装置 (42, 43) 之间的  $\pi/2$  相位模糊性的装置 (41)。

4.根据权利要求 1 或 2 所述的系统，其特征在于所述定时估算器 (30) 为奥德和米埃型估算器。

5.一种包括检测在给定时钟频率的数字信号中载波的存在检测系统的接收器，其中所述系统包括在各个符号时间 ( $T_s$ ) 均提供至少两个所述数字信号的基频带样本的装置，其特征在于该系统有：

一个定时估算器 (30)，它根据所述基频带样本提供一个与待恢复的时钟频率和本机时钟频率间的相位偏差相对应的偏差信号( $\hat{\epsilon}$ )；

检测装置 (42, 43)，当表示所述偏差信号的变化值( $SU$ )达到阈值 ( $S$ ) 时，检测装置 (42, 43) 产生指示所述载波被检测的检测信号 ( $A$ )。

所述的检测装置包括一个计算所述偏差信号( $\hat{\epsilon}$ )变化的计算器 (42)。

## 检测数字信号载波存在的系统 及包括这种系统的接收器

### 技术领域

本发明涉及的是数字无线电通讯，特别是卫星数字无线电通讯，具体地说，本发明涉及的是检测接收器接收的信号中是否存在载波的装置，该载波由数字信号以时钟脉冲频率调制，时钟脉冲速率还称之为符号时钟。

### 背景技术

本发明适用于各种数字调制，例如适用于调相（M-PSK，多相移相键控），通常更适用于调幅和调相（M-APSK，多振幅相移键控），而且还适于用在 TDMA（时分多址联接）、FDMA（频分多址）或 SCPC（每载波单信道）无线电通讯系统中的调相和调幅。

本发明适用于在对接收到的信号解调之前检测载波（例如 MDP-2 或 MDP-4 型），该解调在于同步及判决处理，以便在卫星传送的情况下能够恢复数字信号，在这样的情况下，存在如下三种主要问题：

- 载波带可以小于卫星通信频率的不确定性。这类不确定性可能出于如下各种原因：频率转换装置的本机振荡器稳定性较差，多普勒效应的存在，卫星偏移等。因此，应能使接收到的载波和解调用的本机振荡器之间允许有一个大的频率差；

- 可以有或没有载波（SCPC 模式传输）；

- 即使在没有对信息进行编码的情况下  $E_b/N_0$  的比值接近 2dB，也必须快速可靠地检测载波（特别是在以 AMRT 模式传送的情况下）。

准确地说，应该能够将本发明的检测系统集成到完全数字化的接收器中，使即使是不利的噪声环境（ $E_b/N_0=2\text{dB}$ ）检测也在解调之前进行。此外，应该能够迅速进行检测，最长时间约为一个符号时间。

已知的检测载波的检测系统是以建立取样信号的相位频率曲线为

基础，该频率曲线的非均匀性检测表示存在载波。

图 1 表示的是所接收到的 MDP-4 型信号与观察到的相位 $\theta_i$ 的星座图。用相位的正交线表示载波的两根轴线记作 P 和 Q。对于每个接收到的新符号来讲（假设时钟速率已经达到），计算出差值 $\Delta\theta = (\theta_i - \theta_{i-1})$ 模 $\pi/4$ 。根据观察到的相位差 $\Delta\theta_i$ ，作出如图 2 所示的相位差频率曲线。此处的频率曲线包括 4 组（MDP-4），通过增加对应于 $\Delta\theta$ 的组和减少相同大小的量的 $\Delta\theta_{K-N}$ 的组求得该频率曲线，其中 N 是表示为符号数目的分析窗。如果存在有实际接收的信号，而且没有噪声的情况下，累加的相位偏差 $\Delta\theta_i$ 导致一个比设定阈值大的偏差 D ( $D = \Sigma\Delta\theta_{\text{最大}} - \Sigma\Delta\theta_{\text{最小}}$ )。

该方法的缺陷在于，当有噪声或有大的频率漂移时，就出现均匀的相位偏差，即使有载波也达不到阈值。如果减小阈值，错误的报警率就变得太大。因此，这种方法并适用于具有大频率漂移的信号，或不适用于大噪声信号，大频率漂移指的是载波频率和解调频率之间的频率漂移。

此外，该方法的前提是时钟已经获得，所以这就得化费时间。

## 发明内容

本发明的目的就在于克服这些缺点。

确切地说，本发明的目的之一是提供一种检测数字信号中是否存在载波的检测系统，该信号以给定定时频率出现，该系统快速，可靠，运行时的 Eb/No 比值小（约 2dB），而且对载波的频率漂移反应不灵敏。

本发明另一个目的所提供的系统中，检测的可靠性与 Eb/No 比值关系不大。

本发明还有一个附加的目的在于，通过把该检测系统与一个定时估算器（timing estimator）（例如奥德（Oerder）和米埃（Meyr）型）组合起来，简化该系统的实施。

后面将会更清楚地显示出这些目的和其他目的，用一个检测在以一个给定时钟频率出现的数字信号中是否有载波的检测系统来完成上述目的，该系统包括在各个符号时间均提供至少两个数字信号基频率样本的装置，该系统有：

- 一个定时估算器,它根据基频带样本提供一个与待恢复时钟频率和本机定时频率间的相位偏差相对应的偏差信号;

- 检测装置,当表示偏差信号的变量的值达到阈值时,检测装置产生一个指示载波存在的载波检测信号。

观察表示偏差信号变量的数值可以消除当时的偏差信号的变化影响。

最好检测装置有一个计算偏差信号变量的变量计算器。

本发明的系统最好有用以消除定时速度估算器和检测装置之间的 $\pi/2$ 相位模糊性的装置。

定时速度估算器最好是 Oerder 和 Meyr 型估算器。

本发明还提供包括这种检测系统的数字信号接收器。

#### 附图说明

下面通过结合附图对作为说明的非限定的较佳实施方案的描述将更清楚地了解本发明的其它特征和优点, 其中:

图 1 表示 MDP-4 式信号和所观察到的相位 $\theta_1$ 的星座图;

图 2 表示根据图 1 星座图作出的相位偏差的曲线图;

图 3 是可以用在本发明的检测是否存在载波的检测系统中的 Oerder 和 Meyr 型估算器的框图;

图 4 是本发明载波检测系统的较佳实施方案的简图;

图 5 表示估算值 $\epsilon$ 的离散特性。

图 1 和图 2 已在上面结合现有技术作过描述。

图 3 是可以用在本发明的检测是否存在载波的检测系统中的 Oerder 和 Meyr 型定时估算器的简图。

#### 具体实施方式

在该图, 标号 30 为 Oerder 和 Meyr 型定时估算器, 它用以保证转换成基频带的信号时指向所接收的信号的眼中间。这种估算器已在由 Martin Oerder 和 Heinrich Meyr 编写的题为“Digital Filter and Square Timing Recovery”(通讯学报第 36 卷第 5 期, 1988 年 5 月 605-612)一文中作过描述。

定时估算器包括为取数字信号复包络模数平方的放大装置 32, 该数字信号在每个符号时间中有 4 个复样本的速率 (4eps) 出现。这些样本取自上游 (upstream) 的模拟-数字转换器 (未示出)。如果取样以后样本数不够的话, 也可以从保证增加样本数的内插滤波器中取出这些样本。

把平方以后的样本加到第一种累加装置 33, 35 上, 这些装置把平方的复包络的偶数样本之间的差值累加起来。装置 33 计算  $r_{k-4} - r_{k-2}$ , 其中  $r_k$  构成一个样本, 装置 35 利用函数  $1/(1 - aZ^{-1})$  累加这些差值, 其中  $a$  是时间常数。利用无限脉冲响应滤波器 (IFIR) 进行累加, 该滤波器对所计算的差值进行数字积分。

同样, 第二种累加装置 34, 36 累加平方的复合络的各奇数样本之间的差值。装置 34 计算  $r_{k-3} - r_{k-1}$ , 装置 36 也是利用函数  $1/(1 - aZ^{-1})$  累加这些差值。

根据时间基点确定哪些是偶数样本, 哪些是奇数样本, 时间基点是任意的。

例如进行 64 和 128 个符号时间 ( $T_s$ ) 的累加 35 和 36, 该累加分别为计算模块 37 提供 Y 和 X 数值, 该计算模块 37 输出一个等于  $\arctg(Y/X)$  的相位估计信号  $\hat{\theta}$ 。相位估计信号  $\hat{\theta}$  是一个偏差信号, 它对应于要恢复的时钟频率和本机时钟频率之间的相位偏差。

例如可用下面两种方法求得函数  $\arctg$ :

一第一种方法在于在小的角度范围内对反正切函数作有界展开, 并利用该函数的对称特性;

一第二种方法在于利用称之为 CORDIC (协调旋转数字计算机算法) 算法, 这种算法可以根据直角座标, 由迭代法确定旋转角度, 而不用求助于乘积法。

与直接在存储器中安装函数  $\arctg$  相比较, 这两种方法只要用少量的存储器空间和少量迭代就可以求得 16 比特量级的精度。

在模块 38 中使相位估算信号  $\hat{\theta}$  被除以  $2\pi$ , 以便提供对准在  $T_s/8$  附近的眼的相位差估算值  $\hat{\epsilon}$ 。估算值  $\hat{\epsilon}$  同样构成与待恢复时钟频率和本机时

钟频率间的相位偏差相对应的偏差信号, 把该估算值 $\hat{\epsilon}$ 提供给内插器 39, 在每个  $T_s$ , 该内插器利用延时单元 40 接收输入的四个复样本。内插器 39 在每个符号时间 (1sps) 提供一个复样本; 该复样本表示在各符号时间之间无相互干扰的信息, 根据该信息作最后判决。

图 4 是本发明的检测是否存在载波的检测系统的较佳实施方案的框图。与图 3 相同的部件采用相同的标号。

根据本发明, 当表示偏差信号变化的值达到阈值时, 所提供的检测装置产生一个载波检测信号。根据图 4, 这些检测装置由计算偏差信号 $\hat{\epsilon}$ 的变化的计算器 42 和将该变化与阈值  $S$  进行比较的比较器 43 构成。

更确切地说, 在较佳实施方案中, 在  $N$  个符号上来计算估算值 $\hat{\epsilon}$ , 即当估算器为 Oerder 和 Meyr 型估算器时, 在  $4 \times N$  个样本进行计算, 计算器 42 的输出所提供的总的和信号  $SU$  等于:

$$SU = \sum_n (\hat{\epsilon} - \bar{\hat{\epsilon}})^2$$

其中 $\bar{\hat{\epsilon}}$ 是在连续  $n \times N$  个符号计算出的估算值 $\hat{\epsilon}$ 的平均值。

当总的和信号  $SU$  小于阈值  $S$  时, 比较器 43 输出一个表示在考虑的时钟频率没有载波的信号  $A$ 。反之, 当总的和信号  $SU$  大于阈值  $S$  时, 比较器 43 输出一个表示在所考虑的时钟频率有载波的信号  $P$ 。

例如  $N$  和  $n$  的值分别等于 256 和 16。最好平滑地对各估算值 $\hat{\epsilon}$ 求和, 以便加快检测。

就地用实验确定阈值  $S$ , 以便考虑实际传送条件 (选择性衰减, 干扰...), 该阈值  $S$  是载波的波幅和时钟信号大小的函数, 时钟信号在发射器对传送信号进行采样。阈值  $S$  与此值  $E_b/N_0$  无关。

当然, 在偏差信号 $\hat{\epsilon}$ 上工作的变化计算器 42 可以由任何其他计算器代替, 该计算器能提供表示这些偏差信号变化的数值。例如, 它可以提供标准偏差 $\lambda = \sqrt{\sum (\hat{\epsilon} - \bar{\hat{\epsilon}})^2}$ , 或提供的均方偏差指数不是 2, 即  $a^\alpha$  中的  $\alpha$  等于 3, 4 或更大。也可以有其他函数, 关键是要表示出偏差信号相对于参考值的离散。

最好把  $\pi/2$  相位模糊性误差消除装置 41 设置在定时估算器 30 和检测装置 42, 43 之间。该装置 41 包括一个延迟电路 44 和一个减法器 45,

延迟电路 44 的延迟时间等于两个顺序估算值 $\hat{\epsilon}$ 相隔开的时间。装置 41 向计算器 42 提供差值 $\hat{\epsilon}_t - \hat{\epsilon}_{t-1}$ 。

当时钟频率的变化缓慢的，延迟电路 40 就是可选的。

定时估算器 30 也可以是 Mueller 和 Muller 型（在每个符号时间需要 2 个样本而不是 4 个样本的情况下），也可以是 Gardner 型。定时估计器的参考值可以是任意的，有时可在每个估算值 $\hat{\epsilon}$ 完成后可选地更新该参考值。

在速度估算器 30 的上游有用以在每个符号时间  $T_s$  提供至少两个接收到的数字信号的基频带的样本的装置，该装置或由单一的取样器构成，或可在一个取样器后加一个内插滤波器构成该装置，这如前面所述的那样。

图 5 表示估算值 $\hat{\epsilon}$ 的离散特性。

通常，当检测结果表明存在载波频率的情况下，估算值 $\hat{\epsilon}$ 的离散为 Gaussien 形离散（特性曲线 50）。此时，偏差信号变化达到阈值  $S$  就可以认为特性曲线 50 的被标部分整数  $I$  达到了阈值。如果没有接收到任何载波频率，估算值 $\hat{\epsilon}$ 的离散就是均匀的（特性曲线 51），其变化接近 0。

最好把本发明系统与上述 Cerder 和 Meyr 型速度估算器联合使用。同时进行时钟恢复和是否存在载波的检测。

本发明的特别好处在于对载波频率的漂移不敏感。

相对于根据建立取样信号的相位频率曲线的检测系统来讲，因为本发明的检测处理与定时估算处理同时进行而不是先后进行（先检测定时，后检测是否存在载波），所以本发明的检测系统更快。此外，所建议的载波检测只需要累加非常少的样本数。

本发明特别适用于 TDMA 传输，以便检测是否存在数据分组。由于分析的时间间隔较长，所以检测的可靠性增大。本发明也适用于连续传送或 SCPC 模式传送，此时，可通过第二次检测来证明载波的检测，以便增加可靠性（尤其是  $E_b/N_0$  如果接近 0dB 时）。

本发明主要适合于制造专用集成电路 ASIC 装置或处理信号的处

理器式的装置，例如，可以制造一个检测是否存在载波的检测器和利用 DSP（数字信号处理器）内部的软件恢复定时的装置。作为说明，可以用德克萨斯的仪器的 TMS 320C50 曲路（已保护商标），并可处理信息量高达 200K 比特/秒的信号。

本发明还涉及包括这种检测系统的数字信号接收器。

图 1

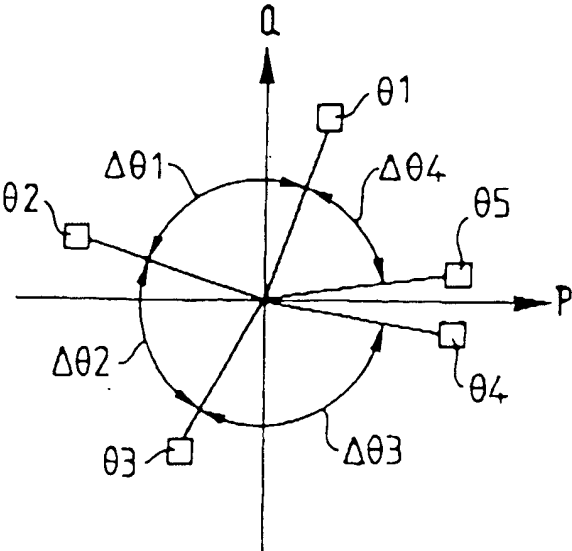


图 2

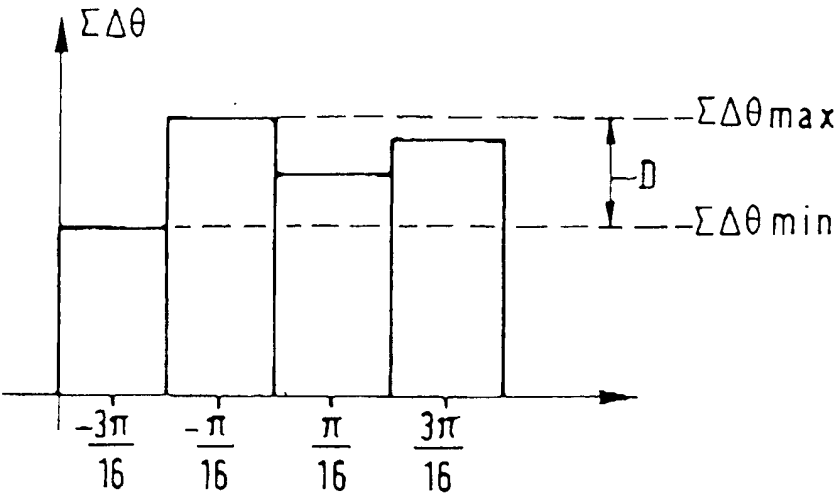


图 3

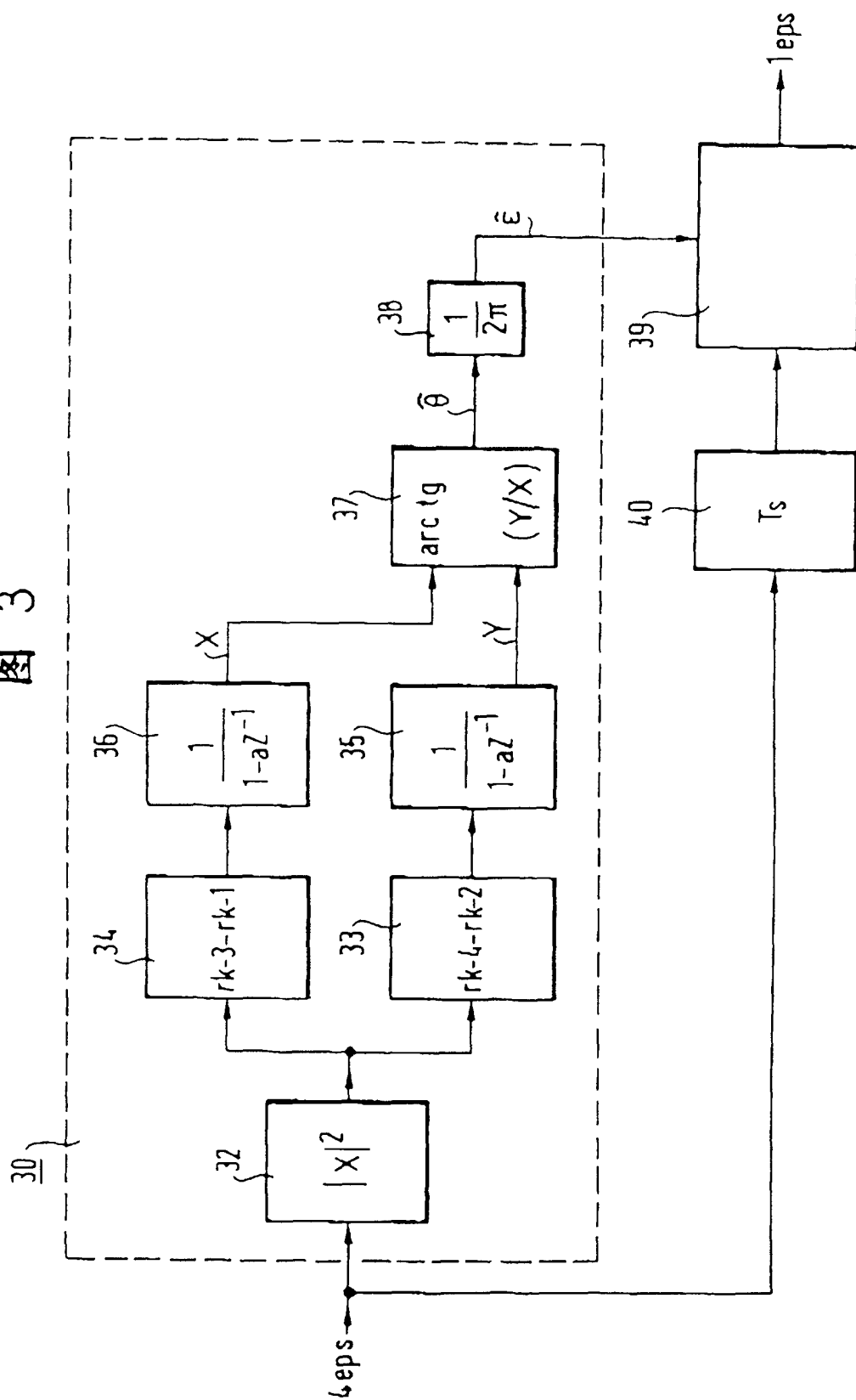


图 4

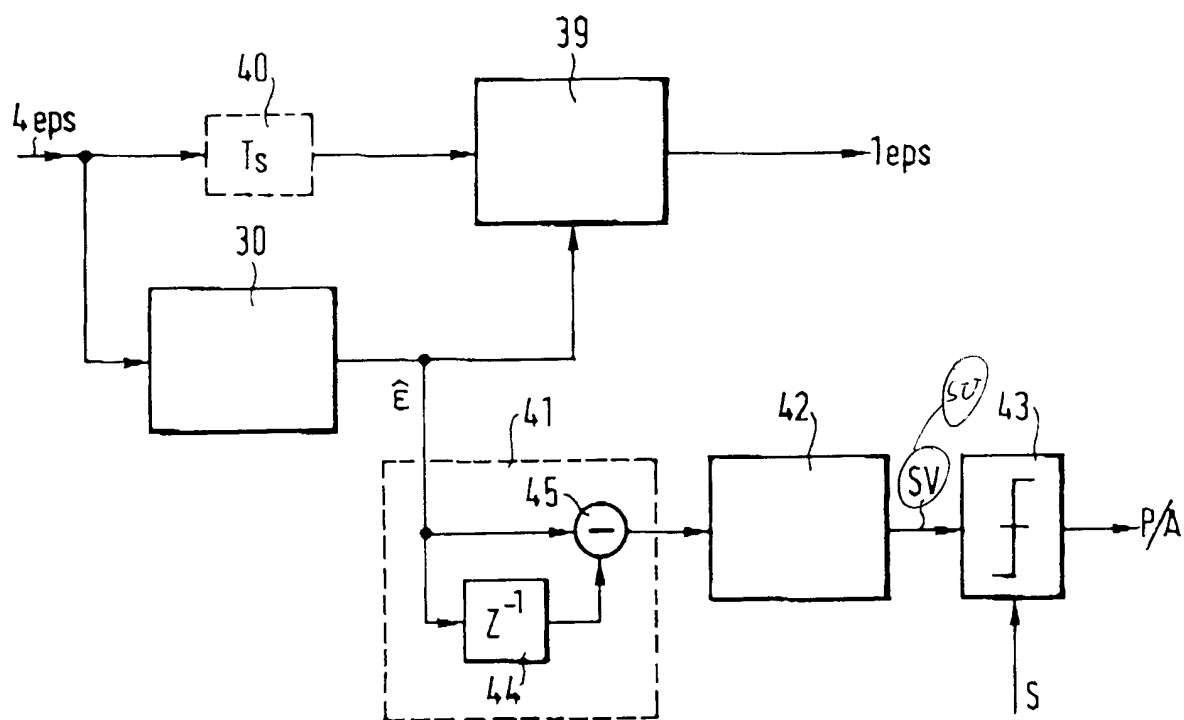


图 5

