



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480023094.9

[45] 授权公告日 2009年4月15日

[11] 授权公告号 CN 100479339C

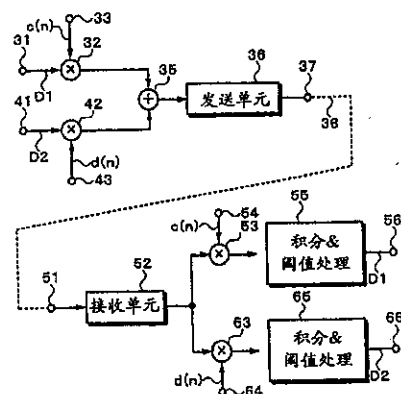
[22] 申请日 2004.6.11  
 [21] 申请号 200480023094.9  
 [30] 优先权  
     [32] 2003.6.13 [33] JP [31] 170005/2003  
 [86] 国际申请 PCT/JP2004/008592 2004.6.11  
 [87] 国际公布 WO2004/112271 日 2004.12.23  
 [85] 进入国家阶段日期 2006.2.13  
 [73] 专利权人 独立行政法人科学技术振兴机构  
     地址 日本埼玉县  
     共同专利权人 独立行政法人情报通信研究机构  
 [72] 发明人 梅野健 长谷川晃朗 高明慧  
 [56] 参考文献  
     JP2000089182A 2000.3.31  
     CN1331524A 2002.1.16  
     WO03040910A1 2003.5.15

JP2000252751A 2000.9.14  
 审查员 丁 灵  
 [74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
     代理人 杨 凯 梁 永

权利要求书 5 页 说明书 9 页 附图 11 页

[54] 发明名称  
 扩频通信设备和扩频通信方法  
 [57] 摘要

混沌扩频码  $c(n)$  输入到扩频单元(32)。数据 D1 和  $c(n)$  在扩频单元(32)中相乘。混沌扩频码  $d(n)$  输入到扩频单元(42)。数据 D2 和  $d(n)$  在扩频单元(42)中相乘。混沌扩频码  $c(n)$  和  $d(n)$  彼此正交。扩频单元(32)和(42)的输出用加法器(35)累加,并且通过发送单元(36)发送到传输路径(38)。通过使在数字电路结构的混沌系列发生器中设置的初始值不同,有可能产生彼此正交的混沌扩频码。当混沌扩频码  $c(n)$  和  $d(n)$  彼此正交时,有可能使模拟电路结构的用于对正交载波调幅的正交调制单元不再是必需的。因此,有可能简化结构。



1. 一种通信设备, 它通过用发送数据乘以混沌扩频码进行扩频, 并且发送扩频输出, 所述通信设备包括:

混沌扩频码发生器, 用于形成第一混沌扩频码和第二混沌扩频码;

第一扩频单元和第二扩频单元; 以及

发送单元, 向其输入所述第一扩频单元和第二扩频单元的输号,

其中输入到所述第一扩频单元的第一混沌扩频码和输入到所述第二扩频单元的第二混沌扩频码彼此正交, 所述正交是指, 所述第一混沌扩频码和第二混沌扩频码的归一化相关系数的绝对值等于或小于0.3, 所述第一混沌扩频码和第二混沌扩频码的幅值的平方和是恒定的;

其中所述混沌扩频码发生器包括: 存储单元, 其中设置初始值, 所述初始值是大于-1小于1范围内的实数序列; 映射单元, 用于执行一次映射或者用于分开多次执行所述映射, 其中根据Chebyshev多项式的映射应用于从所述存储单元输出的值; 随机化部件, 用于对所述映射单元的输出的最低有效位进行随机化; 以及路径, 用于输出包括所述随机化的最低有效位的所述映射单元的输出, 作为所述混沌扩频码, 以及将所述输出返回到所述存储单元,

并使所述初始值在所述第一混沌扩频码和第二混沌扩频码之间不同。

2. 如权利要求1所述的通信设备, 其中用所述第一混沌扩频码和第二混沌扩频码识别用户。

3. 如权利要求1所述的通信设备, 其中

所述发送单元是无线电发送单元, 用于

累加所述第一扩频单元和第二扩频单元的输号,

将累加的输号上变频到预定载波频率, 以及

从天线发送上变频输出。

4. 如权利要求1所述的通信设备, 其中所述发送单元是无线电发送单元, 用于将所述第一扩频单元和第二扩频单元的各个输出信号上变频到具有预定频率并且彼此正交的载波, 以及累加上变频输出并从天线发送累加的输出。

5. 一种通信方法, 它通过用发送数据乘以混沌扩频码进行扩频, 并且发送扩频输出, 所述通信方法包括如下步骤:

利用混沌扩频码发生方法形成第一混沌扩频码和第二混沌扩频码, 其中所述混沌扩频码发生方法包括下列步骤: 在存储单元中设置初始值, 所述初始值是大于-1小于1范围内的实数序列; 执行一次映射或者分开多次执行所述映射, 其中根据Chebyshev多项式的映射应用于从所述存储单元输出的值; 随机化映射输出的最低有效位; 以及输出包括所述随机化的最低有效位的映射输出作为所述混沌扩频码, 以及将所述输出返回到所述存储单元,

并使所述初始值在所述第一混沌扩频码和第二混沌扩频码之间不同;

分别用第一混沌扩频码和第二混沌扩频码扩频所述发送数据, 并且形成第一扩频输出和第二扩频输出; 以及

发送所述第一扩频输出和第二扩频输出,

其中所述第一混沌扩频码和所述第二混沌扩频码彼此正交, 所述正交是指, 所述第一混沌扩频码和第二混沌扩频码的归一化相关系数的绝对值等于或小于0.3, 所述第一混沌扩频码和第二混沌扩频码的幅值的平方和是恒定的。

6. 如权利要求5所述的通信方法, 其中用所述第一混沌扩频码和第二混沌扩频码识别用户。

7. 如权利要求5所述的通信方法, 还包括如下步骤:

累加所述第一扩频输出和第二扩频输出;

将累加的输出上变频到预定载波频率；以及  
从天线发送上变频输出。

8. 如权利要求5所述的通信方法，还包括如下步骤：

将所述第一扩频输出和第二扩频输出上变频到具有预定频率并且彼此正交的载波；以及

累加上变频输出并从天线发送累加的输出。

9. 一种通信设备，用于接收发送数据，所述发送数据用已经用第一混沌扩频码和第二混沌扩频码扩频的第一扩频输出和第二扩频输出构造，其中所述第一混沌扩频码和第二混沌扩频码彼此正交，所述正交是指，所述第一混沌扩频码和第二混沌扩频码的归一化相关系数的绝对值等于或小于0.3，所述第一混沌扩频码和第二混沌扩频码的幅值的平方和是恒定的，所述通信设备包括：

混沌扩频码发生器，用于形成所述第一混沌扩频码和第二混沌扩频码，其中所述混沌扩频码发生器包括：存储单元，其中设置初始值，所述初始值是大于-1小于1范围内的实数序列；映射单元，用于执行一次映射或者用于分开多次执行所述映射，其中根据Chebyshev多项式的映射应用于从所述存储单元输出的值；随机化部件，用于对所述映射单元的输出的最低有效位进行随机化处理；以及路径，用于输出包括所述随机化的最低有效位的所述映射单元的输出作为所述混沌扩频码，并且将所述输出返回到所述存储单元，

并使所述初始值在所述第一混沌扩频码和第二混沌扩频码之间不同；

接收单元，用于接收所述第一扩频输出和第二扩频输出；

第一反向扩频单元和第二反向扩频单元，用于分别用所述第一混沌扩频码和第二混沌扩频码对所述接收单元接收的所述第一扩频输出和第二扩频输出进行反向扩频；以及

同步部件，用于将所述第一混沌扩频码和第二混沌扩频码与发送侧同步。

10. 如权利要求9所述的通信设备, 其中用所述第一混沌扩频码和第二混沌扩频码识别用户。

11. 如权利要求9所述的通信设备, 其中所述接收单元具有天线, 对所述天线的接收信号进行下变频, 并且将所述下变频的信号提供给所述第一反向扩频单元和第二反向扩频单元。

12. 一种接收发送数据的通信方法, 所述发送数据用已经用第一混沌扩频码和第二混沌扩频码扩频的第一扩频输出和第二扩频输出构造, 其中所述第一混沌扩频码和第二混沌扩频码彼此正交, 所述正交是指, 所述第一混沌扩频码和第二混沌扩频码的归一化相关系数的绝对值等于或小于0.3, 所述第一混沌扩频码和第二混沌扩频码的幅值的平方和是恒定的, 所述通信方法包括:

利用混沌扩频码发生方法形成所述第一混沌扩频码和第二混沌扩频码的步骤, 其中所述混沌扩频码发生方法包括如下步骤: 在存储单元中设置初始值, 所述初始值是大于-1小于1范围内的实数序列; 执行一次映射或者分开多次执行所述映射, 其中根据Chebyshev多项式的映射应用于从所述存储单元输出的值; 对映射输出的最低有效位进行随机化处理; 以及输出包括所述随机化的最低有效位的映射输出作为所述混沌扩频码, 并且将所述输出返回到所述存储单元,

并使所述初始值在所述第一混沌扩频码和第二混沌扩频码之间不同;

接收步骤, 接收所述第一扩频输出和第二扩频输出;

第一和第二反向扩频步骤, 分别用所述第一混沌扩频码和第二混沌扩频码对所接收的所述第一扩频输出和第二扩频输出进行反向扩频; 以及

同步步骤, 将所述第一混沌扩频码和第二混沌扩频码与发送侧同步。

13. 如权利要求12所述的通信方法, 其中用所述第一混沌扩频码

和第二混沌扩频码识别用户。

14. 如权利要求12所述的通信方法，其中对天线的接收信号进行下变频，并且对所述下变频的信号进行反向扩频。

## 扩频通信设备和扩频通信方法

### 技术领域

本发明涉及通信设备和通信方法，其中混沌信号用作扩频码，并且更具体地说，涉及诸如CDMA(码分多址)的扩频通信系统。

### 背景技术

通过将信号能量扩展到比信息的带宽宽得多的带宽而进行通信的扩频通信系统是众所周知的。根据扩频通信系统，通过利用扩频码来扩展信号的频谱。伪噪声序列(PN序列)用作扩频码。M序列(最大长度线性位移寄存器序列)是扩频码的实例。使用由异或算术运算两个M序列的输出获得的黄金码。

CDMA系统是利用能够通过扩频码在扩频通信系统中识别用户的功能的多址访问系统。尽管迄今以来，诸如M序列等等的PN序列通常被用作扩频码，但已经提议了利用混沌扩频码的CDMA。数字构成混沌扩频码的技术已经在JP-A-2003-140885中公开。

通过利用混沌扩频码实现诸如CDMA的扩频通信系统的通信的要点已经公开在JP-B-3234202中。

上述专利文献中公开的混沌CDMA是一种系统，它利用混沌扩频码代替现有的诸如M序列等的PN序列，并且向一个用户分配一个扩频码。因此，它被认为使用正交调制以便有效地利用信道。但是，根据常规结构，存在这样一个问题，就是除了扩频单元或者反向扩频单元之外，调制器或者解调器也是正交调制和解调所必需的。

因此，本发明的一个目的是提供一种通信设备和通信方法，其中抑制硬件规模的提高，并且能够有效地利用通信信道。

## 发明内容

为解决上述问题,根据本发明的第一实施例,提供一种通信设备,它通过用发送数据与混沌扩频码相乘进行扩频,并且发送扩频输出,所述通信设备包括:第一和第二扩频单元;以及发送单元,其被输入第一和第二扩频单元的输出信号,其中输入到第一扩频单元的第一混沌扩频码和输入到第二扩频单元的第二混沌扩频码彼此正交,也就是说,第一和第二混沌扩频码的归一化相关系数的绝对值等于或小于0.3。

根据本发明的第二实施例,提供一种通信方法,它通过彼此正交的第一和第二混沌扩频码进行扩频。

根据本发明的第三实施例,提供一种通信设备,用于接收发送数据,所述发送数据是通过用第一和第二混沌扩频码扩频的第一和第二扩频输出构造的,其中第一和第二混沌扩频码彼此正交,也就是说,第一和第二混沌扩频码的归一化相关系数的绝对值等于或小于0.3,所述通信设备包括:接收单元,用于接收第一和第二扩频输出;第一和第二反向扩频单元,用于分别用第一和第二混沌扩频码对接收单元接收的第一和第二扩频输出反向扩频;以及同步部件,用于将第一和第二混沌扩频码与发送侧同步。

根据本发明的第四实施例,提供一种通信方法,它利用同步到发送侧并且彼此正交的第一和第二混沌扩频码进行反向扩频。

对于各个实施例中的正交,当第一和第二混沌扩频码的归一化相关系数的绝对值等于或小于0.3时,判定那些码彼此正交。

根据本发明,由于第一和第二混沌扩频码彼此正交,因此,分别用第一和第二混沌扩频码扩频的扩频输出通过同一信道发送,并且在接收侧上,通过用同步的第一和第二混沌扩频码进行反向扩频,就能够解调发送数据。由于除扩频单元之外,正交调制的调制器变为不必要的,因此能够简化硬件。



## 附图说明

图1是显示能够应用本发明的利用混沌扩频码的通信系统的方框图；

图2是用于解释图1的波形图；

图3是显示二次Chebyshev多项式的映射的示意图；

图4是用于产生混沌扩频码的混沌序列发生器的实例的方框图；

图5是用于产生混沌扩频码的混沌序列发生器的另一个实例的方框图；

图6是根据正交调制的传统发送设备的实例的方框图；

图7是给出根据本发明的实施例的通信设备的方框图；

图8是显示通过彼此正交的混沌扩频码扩频的两个输出波形的测量结果的示意图；

图9是显示通过彼此正交的混沌扩频码扩频的输出信号的频谱的测量结果的示意图；以及

图10是显示发送波形和接收波形的测量结果的示意图。

## 具体实施方式

在下文中，将参考附图描述本发明的实施例。为了容易地理解本发明，将参考图1解释已经提议的利用混沌扩频码的CDMA(在下文中适当地称为混沌CDMA)。参考数字1a表示将由发射机A发送的数据序列Da的输入端，而1b表示将由发射机B发送的数据序列Db的输入端。尽管图1的实例中显示两个发射机的实例，但本发明也能够应用于三个或更多发射机的发送数据的情况。

数据Da和Db分别提供给扩频单元2a和2b以便直接进行扩频。混沌扩频码a(n)从输入端3a输入到扩频单元2a。数据Da和混沌扩频码a(n)在扩频单元2a中相乘。另一混沌扩频码b(n)从输入端3b输入到扩频单元2b。数据Db和混沌扩频码b(n)在扩频单元2b中相乘。扩频单元2a和2b的输出由加法器4累加，并且累加信号经过发送单元5，并且从发送

输出端6发送到诸如有线、无线方式、光缆等的传输路径7(用虚线显示)。发送单元5用与传输路径7对应的天线、诸如LAN(局域网)等的接口实现。

通过传输路径7发送的信号从接收输入端11提供给接收单元12。接收单元12用与发送单元5对应的天线、诸如LAN(局域网)等的接口实现。接收单元12的输出提供给反向扩频单元13a。当设想对应于发射机A的接收机时，从输入端14a将混沌扩频码 $a(n)$ 输入到反向扩频单元13a。通过相关检测获得利用与用于扩频的相同的混沌扩频码 $a(n)$ 的同步，或者从以安全方式单独发送的信息获得同步。

在反向扩频单元13a中，接收数据和混沌扩频码 $a(n)$ 相乘，并且用积分和阈值处理单元15对乘法结果进行处理。对发射机A的数据 $D_a$ 解码，并且从积分和阈值处理单元15提取到输出端16。

图2A示出了例如发送数据 $D_a$ ， $D_a$ 是“-1”和“1”的二进制信号。数据可以是“0”和“1”的二进制信号。图2B显示混沌扩频码 $a(n)$ ，其中幅值的平方和(功率)是恒定的。混沌扩频码的值是一种多值。数据 $D_a$ 和混沌扩频码 $a(n)$ 在扩频单元2a中相乘，并且获得图2C所示的扩频之后的数据。与数据的位长 $L$ 相比，混沌扩频码 $a(n)$ 的周期(片长) $1$ 设置为一个适当的值。

混沌扩频码利用Chebyshev多项式由混沌映射形成。第 $p$ 阶的Chebyshev多项式用以下公式(1)定义。

$$T_p(\cos\theta) = \cos(p\theta) \quad \dots \quad (1)$$

通过利用此Chebyshev多项式作为映射获得扩频码序列。例如，当 $p=2$ 时， $T_p(x)$ 表示为

$$T_2(x) = 2x^2 - 1 \quad \dots \quad (2)$$

获得扩频码序列的映射如所示利用如下公式(3)并且在图3中给出。

$$X_{n+1} = 2x_n^2 - 1 \quad \dots \quad (3)$$

从这种映射获得的序列与用于现有CDMA系统的黄金码序列比较，具有极好的相关特性。黄金码序列是通过用异或门算术运算两个

不同的M序列的输出获得的序列。

混沌扩频码发生器具有其中用数字电路实现用公式(3)给出的映射的结构。为了缩小电路规模,比执行浮点算术运算的情况更有利是用定点算术运算执行算术运算。但是,如果按照原样用定点算术运算执行映射,则出现其中获得短周期方案或定点的问题。

为了避免这种问题,通过利用称为“比特治理(bit harnessing)”的方法产生混沌扩频码序列。图4显示利用比特治理的混沌扩频码发生器的实例(例如阶数等于2)。在图4中,寄存器21提供初始值。初始值是大于-1小于1的范围中的实数序列。

参考数字22表示Chebyshev映射单元,用于根据公式(3)从来自寄存器21的数据 $X_n$ 算术运算数据 $X_{n+1}$ 。Chebyshev映射单元22可通过计算机用多项式算术运算实现,或者通过加法/减法电路和乘法器的组合来实现。指定阶数的值可输入到Chebyshev映射单元,代替固定Chebyshev多项式的阶数。Chebyshev映射单元22的输出数据 $X_{n+1}$ 存储在寄存器23中。

存储在寄存器23中的数据的LSB(最低有效位)提供给“异或”门24。提供来自黄金码发生器25的黄金码,作为“异或”门24的另一个输入。

不同于寄存器23的LSB的比特和“异或”门24的输出比特存储在寄存器26中。寄存器26的输出作为预定位长的混沌扩频码而输出,反馈到寄存器21,并且用于产生下一个码。

用诸如如上所述的黄金序列的随机数序列随机化LSB的方法被称作“比特治理”。通过比特治理,与不执行比特治理的情况比起来,输出序列的周期能够延长几倍到数十倍,因此能够产生更合乎需要的混沌扩频码序列。

图5给出混沌扩频码序列发生器的另一个实例。利用算术运算电路22a对寄存器21中的初始值求平方,并且将 $X_n^2$ 存储在寄存器23a中。将寄存器23a的输出的LSB和黄金码发生器25产生的黄金码提供给“异或”门24,进行随机化,并且存储在寄存器26a中。寄存器26a的输出提

供给算术运算电路22b并且乘以2。通过从乘法结果减去“1”，获得 $2X_n^2-1$ ，并将其存储在寄存器23b中。将寄存器23b的输出的LSB和黄金码发生器28产生的黄金码提供给加法器27，进行随机化，并且存储在寄存器26b中。从寄存器26b获得混沌扩频码。通过执行“异或”门24的过程和加法器27的过程，能够进一步扩展输出序列的周期。

也能够用软件执行如上所述的混沌扩频序列的产生。在此情况下，顺序地执行以下步骤：其中输入初始值并存储在存储单元中的步骤；用Chebyshev映射执行一次映射或者分开多次执行映射的步骤；执行比特治理过程的步骤(随机化诸如LSB等的预定比特)；以及用于输出构成的序列并将其返回到存储单元的过程。此外，这种方法可以作为程序存储在能够由计算机读出的存储媒体中。

一般地，执行数字调制和解调以便有效地利用频率。例如，有一种作为一般方法的利用正交调制的方法。同样，在扩频通信系统中，迄今以来，它已经与正交调制进行了组合。图6显示其中扩频通信系统和正交调制组合的实例。在图6中，参考数字31表示将由发射机A发送的数据序列D1的输入端，并且参考数字41表示将由发射机A发送的数据序列D2的输入端。

数据D1和D2分别提供给扩频单元32和42以便直接进行扩频。从输入端33将诸如M序列、黄金码等等的PN序列输入到扩频单元32。数据D1和PN序列在扩频单元32中相乘。不同于D1的PN序列的另一个PN序列从输入端43输入到扩频单元42。数据D2和另一个PN序列在扩频单元42中相乘。

扩频单元32的输出提供给乘法器34并且扩频单元42的输出提供给乘法器44。从载波发生器45将余弦波载波提供给乘法器34。通过将载波变换 $90^\circ$ 获得正弦波载波，也就是说，将与余弦波载波正交的载波提供给乘法器44。从乘法器34和44输出的调幅信号用加法器35累加。加法器35的输出信号经过发送单元35并且从发送输出端36发送到诸如有线、无线方式、光缆等的传输路径37(用虚线显示)。发送单元35用

与传输路径37对应的变频器、天线、诸如有线或者无线LAN等的接口实现。

尽管未显示，但在接收侧上，从接收单元收到的接收信号复制载波。通过分别用复制的载波和通过将复制载波变换 $90^\circ$ 获得的载波同步地检测接收信号，能够获得数据序列D1和D2。

如图6所示，如上所述，在传统的正交调制中，除了用于扩频通信的发送数据的扩频单元，单独需要用于正交调制的乘法器。在将在下面解释的本发明的一个实施例中，由于用作扩频码的混沌扩频码彼此正交，因此用于正交调制的乘法器不再是必需的，并且能够简化调制和解调的结构。

图7显示本发明的实施例的结构。在图7中，参考数字31表示将由发射机A发送的数据序列D1的输入端，并且参考数字41表示将由发射机A发送的数据序列D2的输入端。尽管在图6中未显示，但也类似地构造发送另一个发射机的数据的发送设备。本发明不限于多址访问，而是也能够应用于一对一通信关系的通信。

数据D1和D2分别提供给扩频单元32和42以便直接进行扩频。混沌扩频码 $c(n)$ 从输入端33输入到扩频单元32。数据D1和混沌扩频码 $c(n)$ 在扩频单元32中相乘。混沌扩频码 $d(n)$ 从输入端43输入到扩频单元42。数据D2和混沌扩频码 $d(n)$ 在扩频单元42中相乘。用具有图4或5所示的数字电路结构的混沌序列码发生器产生混沌扩频码 $c(n)$ 和混沌扩频码 $d(n)$ 。

由加法器35累加扩频单元32和42的输出。加法器35的输出信号经过发送单元36，并且从发送输出端37发送到诸如有线、无线方式、光缆等的传输路径38(用虚线显示)。发送单元36用与传输路径38对应的变频器、天线、诸如有线或无线LAN(局域网)等的接口实现。例如，发送单元36用上变频器和天线构造，上变频器用于将信号上变频为2.4GHz的无线电信号。发送单元36可以执行模拟调制。可能的是利用这样一种结构，其中扩频单元32和42的输出信号上变频到彼此正交的

预定频率的载波，对上变频输出累加，并且从天线发送累加的信号。

在本实施例中，必要的是混沌扩频码 $c(n)$ 和 $d(n)$ 彼此正交。对于这里提到的正交，当第一混沌扩频码 $c(n)$ 和第二混沌扩频码 $d(n)$ 的归一化相关系数的绝对值等于或小于0.3时，判定那些码彼此正交。通过使设置在具有图4或5所示数字电路的结构的混沌序码发生器中的寄存器21中的初始值不同，能够形成彼此正交的混沌扩频码。不像图6所示的常规结构，由于混沌扩频码 $c(n)$ 和 $d(n)$ 彼此正交，因此使得具有模拟电路结构以便对彼此正交的载波调幅的正交调制单元不再是必需的，并且能够简化结构。假定混沌扩频码 $c(n)$ 和 $d(n)$ 的幅值的平方和恒定。

从接收输入端51将通过传输路径38发送的信号提供给接收单元52。接收单元52用对应于发送单元35的天线、下变频器、诸如LAN等的接口实现。接收单元52的输出提供给反向扩频单元53和63。在假定对应于发射机A的接收机时，混沌扩频码 $c(n)$ 从输入端54输入到反向扩频单元53，并且混沌扩频码 $d(n)$ 从输入端64输入到反向扩频单元63。分别利用与通过诸如相关检测等的同步方法用于扩频的相同的混沌扩频码 $c(n)$ 和 $d(n)$ 。

在反向扩频单元53中，接收数据和混沌扩频码 $c(n)$ 相乘，并且用积分和阈值处理单元55对乘法结果进行处理。对发射机A的一个数据D1解码，并且从积分和阈值处理单元55提取到输出端56。在反向扩频单元63中，接收数据和混沌扩频码 $d(n)$ 相乘，并且用积分和阈值处理单元65对乘法结果进行处理。对发射机A的另一数据D2解码，并且从积分和阈值处理单元65提取到输出端66。

相对于上述实施例，在数据D1和D2是具有相同正幅度的数据的情况下发送数据的波形的观察结果在图8中给出。也就是说，图8显示用示波器观察通过D/A变换扩频单元32和42的输出端上的信号而获得的信号的波形的情况的结果。在此实例中，在上一级显示的波形是扩频单元32的输出模拟波形，并且在下一级显示的波形是扩频单元42的输出模拟波形。在上一级的波形中，大的正值延续。在下一级的波形中，

大的负值延续。那些部分中的各个部分添加了标题以便容易地获得同步并且在观察时容易地产生触发，并且不涉及混沌码。

图9显示已经用发送单元36上变频到2.4GHz频带的RF信号的输出的频率特性。中心频率等于2.45GHz。将从图9来理解发射信号的频谱已经扩频的状态。

此外，在发射信号由接收单元52接收的情况下的发送波形和接收波形显示在图10中以便比较。在图10中，上一级显示的波形是扩频单元32的输出模拟波形(发送波形)，而下一级显示的波形是接收并且提供给反向扩频单元53的模拟波形(接收波形)。如图10所示，发送波形和接收波形几乎一样，并且数据D1能够通过用在发送时使用的混沌扩频码 $c(n)$ 反向扩频而获得。

本发明不限于上述本发明的实施例等，并且各种修改和应用在本发明的范围内都是可能的，并不背离本发明的精神。例如，尽管彼此正交的两个混沌扩频码已经用于上述实例，但也可能通过彼此正交的更多的，例如四个混沌扩频码进行扩频。

根据本发明，通过用彼此正交的混沌扩频码进行扩频，能够改进信道利用效率。由于除扩频单元之外，用于正交调制的调制单元或解调单元是不必要的，因此能够简化硬件的结构。

图 1

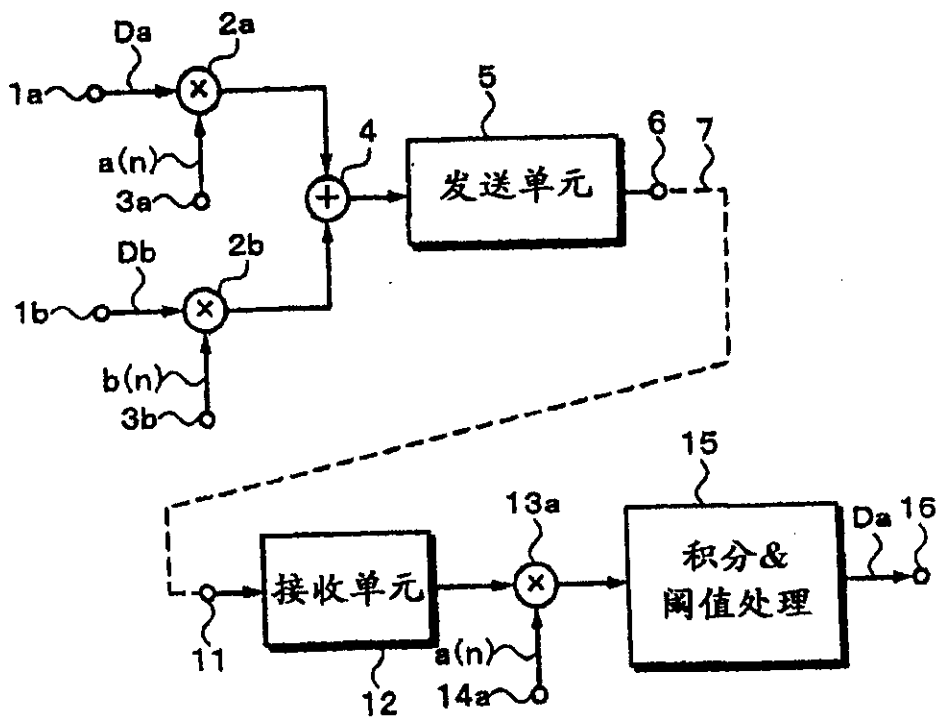




图 2A

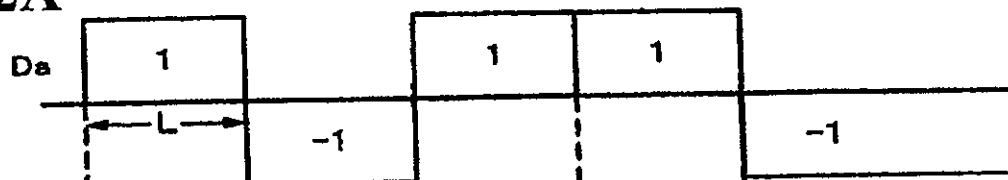


图 2B



图 2C

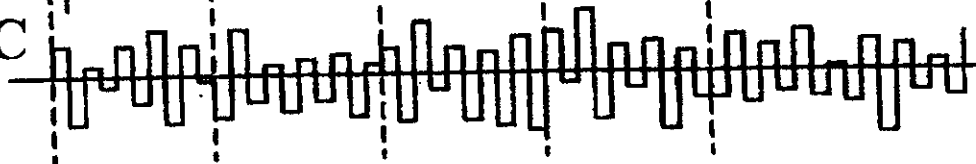


图 3

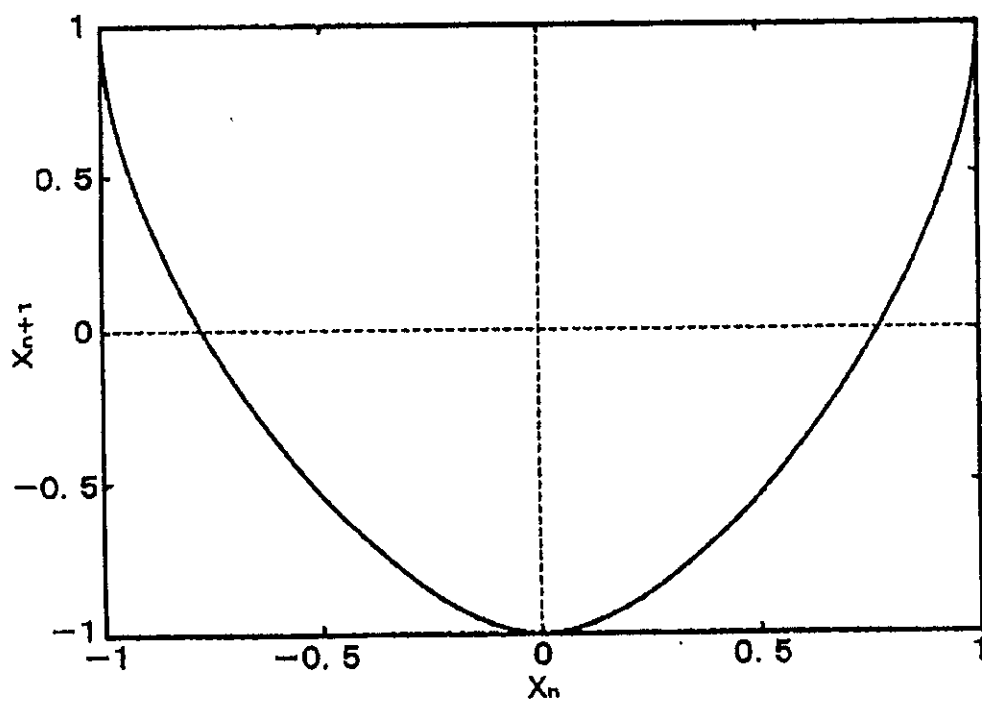


图 4

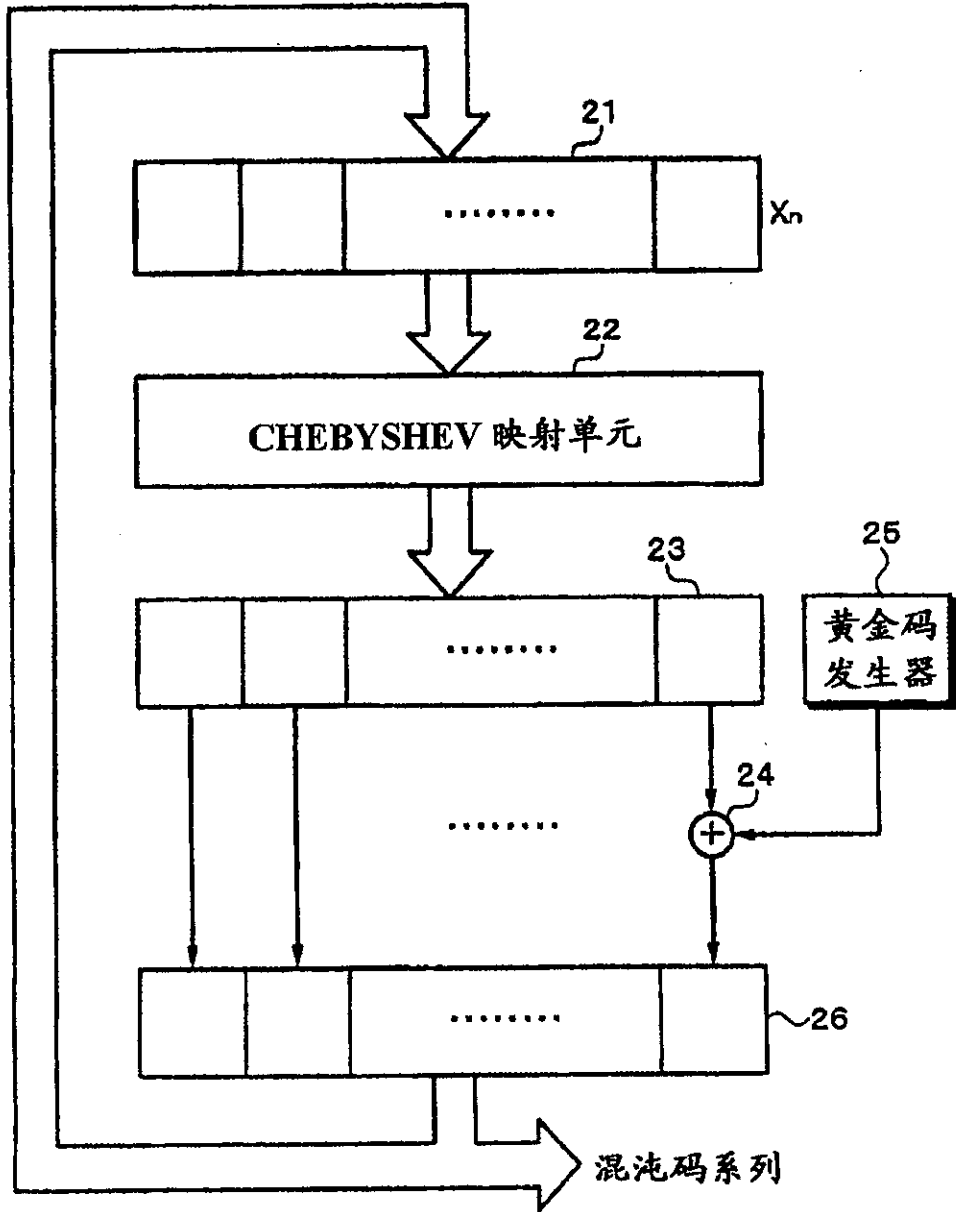


图 5

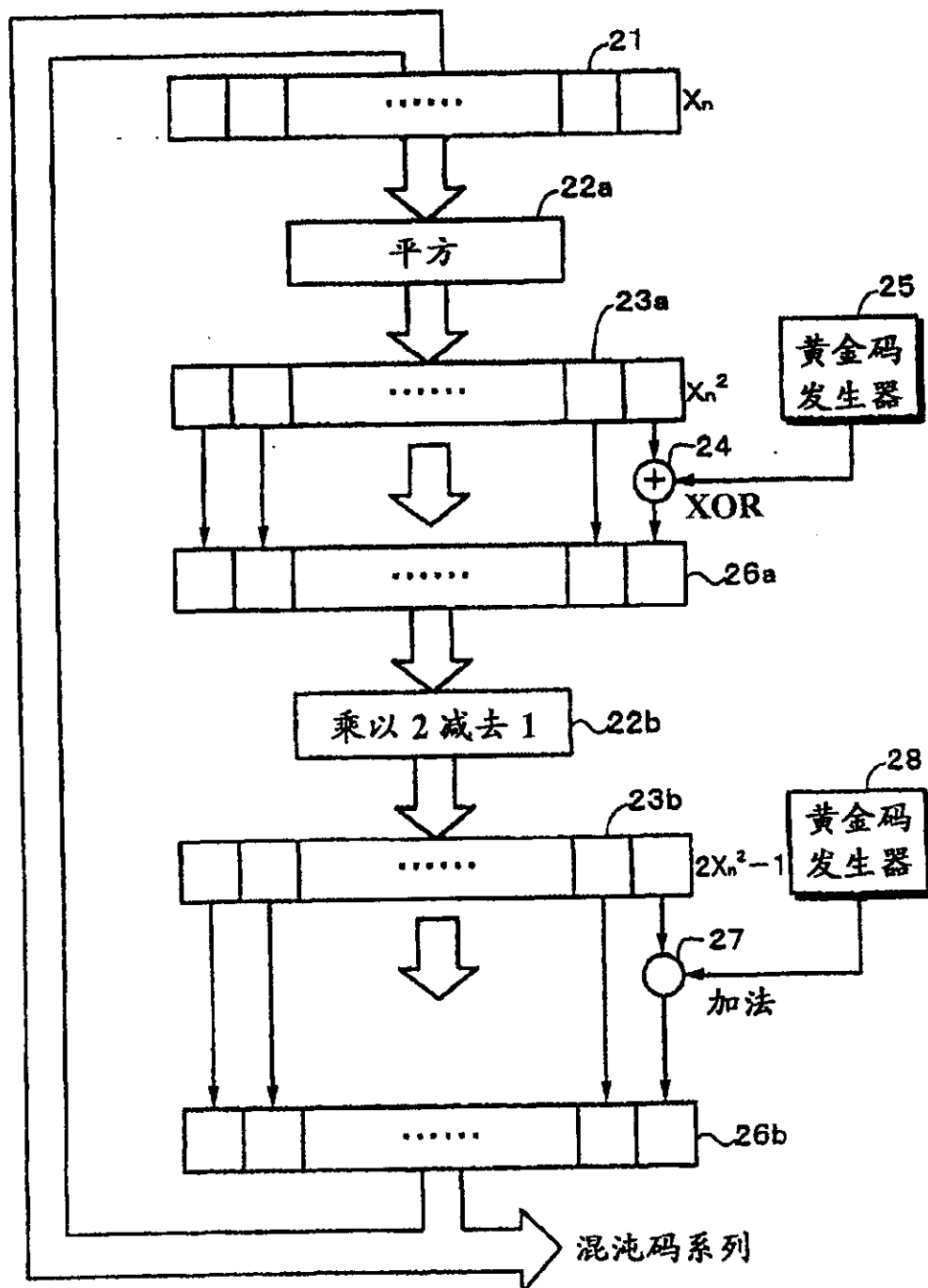


图 6

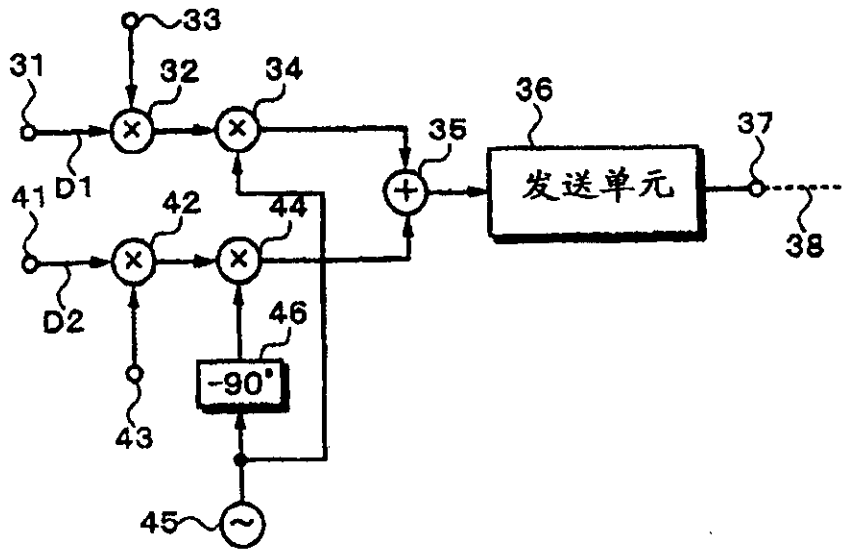
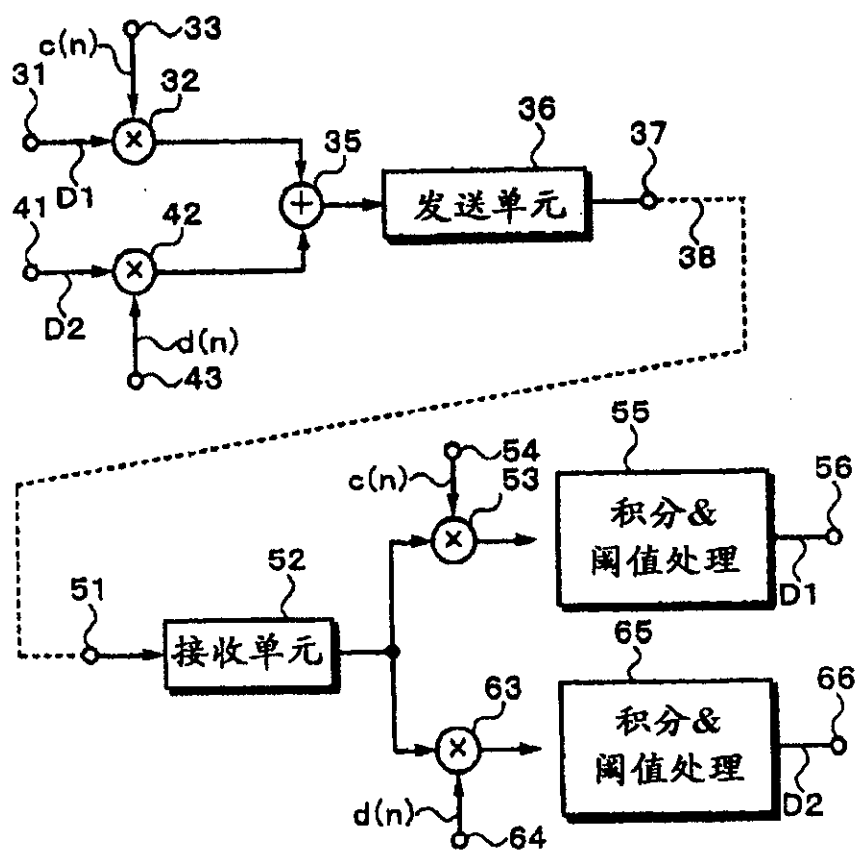


图 7



8  
□

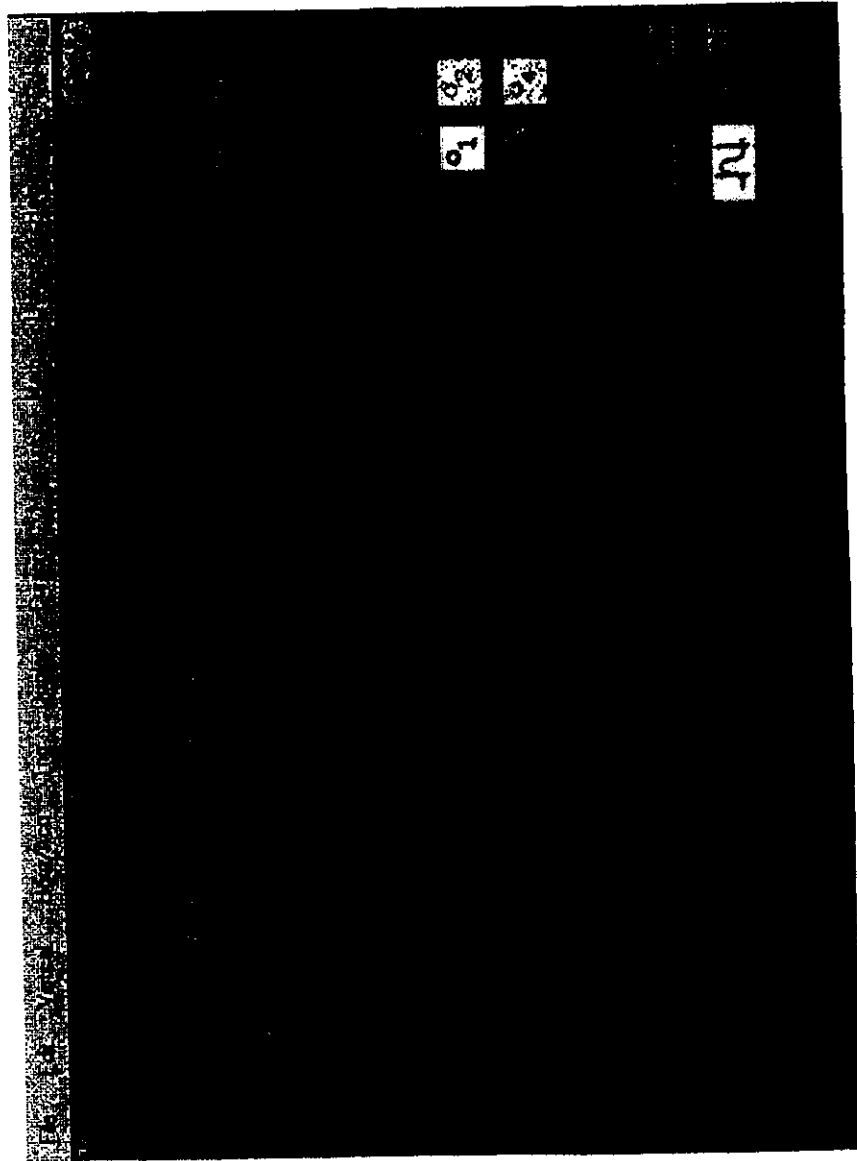


图 9

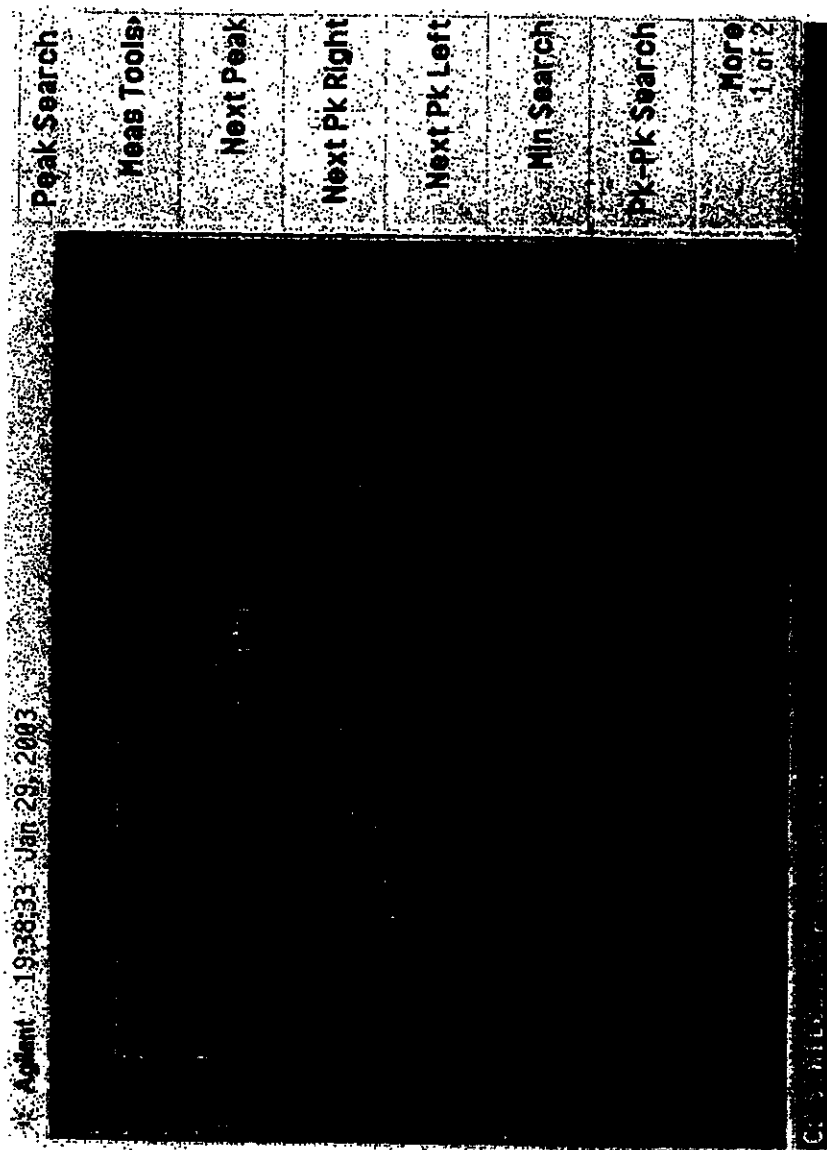
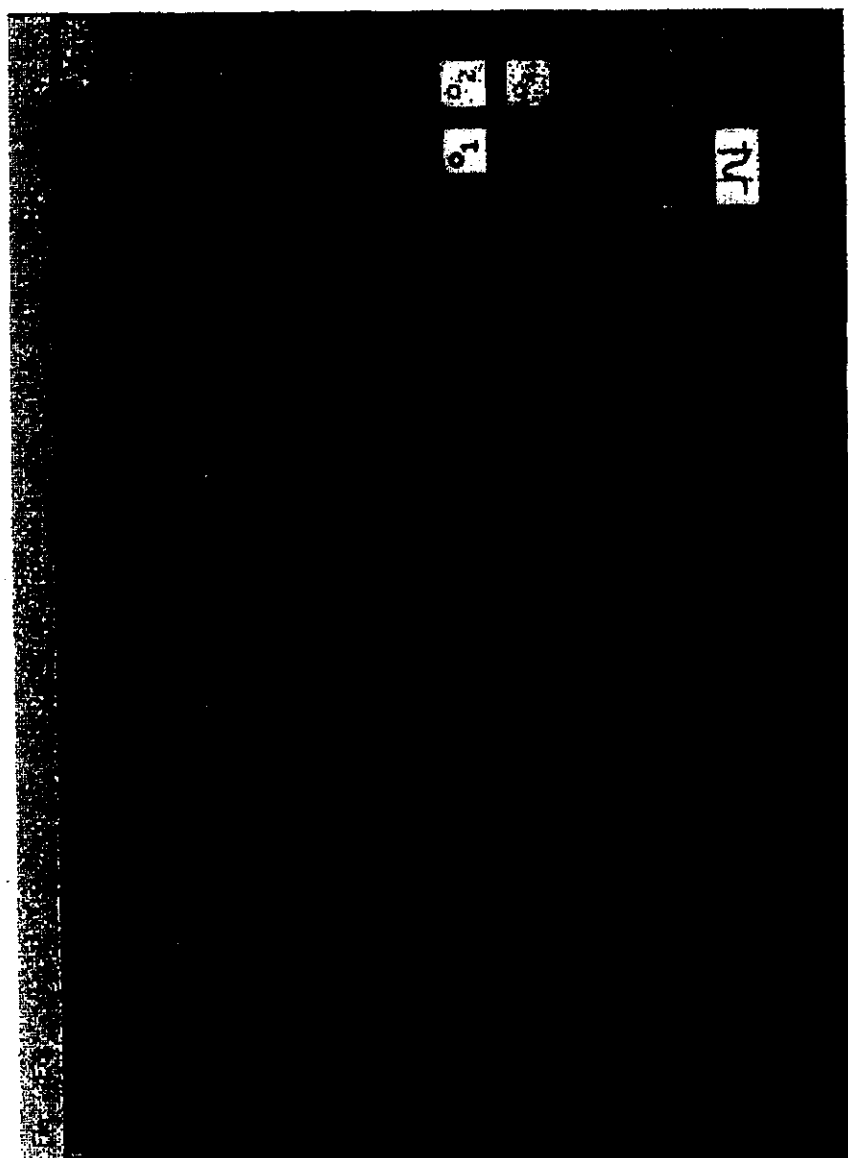




图 10



### 参考数字的描述

- 21 寄存器，其中设置初始值
- 22 映射单元，用于根据 CHEBYSHEV 多项式执行映射
- 24 异或门
- 25、28 黄金码发生器
- 31 发送数据 D1 的输入端
- 32 根据混沌扩频码  $c(n)$  的扩频单元
- 36 发送单元
- 41 发送数据 D2 的输入端
- 42 根据混沌扩频码  $d(n)$  的扩频单元
- 52 接收单元
- 53 根据混沌扩频码  $c(n)$  的反向扩频单元
- 63 根据混沌扩频码  $d(n)$  的反向扩频单元