

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

H04Q 7/30

# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00126391.9

[43] 公开日 2001 年 3 月 21 日

[11] 公开号 CN 1288341A

[22] 申请日 2000.9.12 [21] 申请号 00126391.9

[30] 优先权

[32] 1999.9.14 [33] US [31] 09/395,490

[71] 申请人 朗迅科技公司

地址 美国新泽西州

[72] 发明人 罗伯特·E·约翰逊 马克·T·莱尼

乔治·P·维拉-科利罗

[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

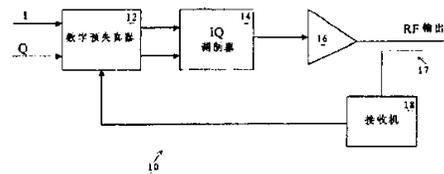
代理人 蒋世迅

权利要求书 4 页 说明书 12 页 附图页数 8 页

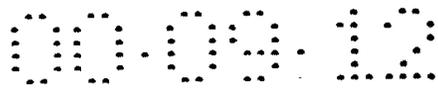
[54] 发明名称 在无线通信系统中缩减邻近信道功率的一种方法和设备

[57] 摘要

本发明涉及在无线通信系统中,一种缩减邻近信道功率的方法和 设备。更具体说,本发明针对以数字方式和自适应方式使信号预失真的系统,此信号包括它被送至放大器输入前对信号的校正,这一校正 应与放大器产生的预期失真相等并相反。这样,此校正与放大器的失真互相抵消,使系统获得全面的线性传递特性。在此情形下,邻近信 道功率可以满意地缩减。



ISSN 1008-4274



## 权 利 要 求 书

1. 一种用于使通信部件产生的、具有同相分量和正交分量的基带信号，以自适应方式预失真的设备，该设备包括：

—限幅模块，它有效地把基带信号限幅，产生限幅信号；

—滤波模块，它有效地对限幅信号滤波，消除限幅信号的高频分量，并产生滤波信号；

—抽样模块，它增加滤波信号的抽样速率，获得上升抽样的信号；

—索引计算模块，它根据基带信号的同相分量和正交分量，有效地计算索引值；

—内部存储参数的查阅表，根据索引值检索这些参数；

—输出模块，它根据查阅表检索的参数和上升抽样信号，有效地产生输出信号；

—接收机，它有效地检索根据输出信号产生的 RF 信号的抽样；

和

—处理器，它根据这些抽样，有效地向查阅表提供自适应反馈。

2. 按照权利要求 1 的设备，其中的上升抽样模块使抽样速率增加为原来的四倍。

3. 按照权利要求 1 的设备，其中的索引值是用同相分量和正交分量的平方相加来计算的。

4. 按照权利要求 1 的设备，其中的索引值是基带信号的瞬时功率包络。

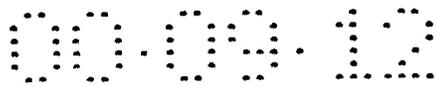
5. 按照权利要求 1 的设备，其中的参数是从带有系数的多项式方程导出的。

6. 按照权利要求 5 的设备，其中的参数被定义为 A 和 B，而多项式方程如下：

$$\text{对 } A \leq A_m, \quad A = C_0 + C_1 P + C_2 P^2 + C_3 P^3$$

$$\text{否则 } A = A_m$$

$$\text{对 } P \leq P_b, \quad B = C_4 P + C_5 P^2 + C_6 P^3$$



$$\text{对 } P > P_b, \quad B = (B_{b1} - B_{b2}) + C_7 P + C_8 P^2 + C_9 P^3$$

这里  $P = (I^2 + Q^2)$  是瞬时包络功率,  $A_m$  是为防止过深驱动放大器, 使之进入饱和状态而加于  $A$  的最大值,  $P_b$  是  $B$  参数从一个多项式方程过渡到另一个多项式方程的转折点,  $B_{b1}$  和  $B_{b2}$  分别是第一和第二个多项式方程在  $P = P_b$  时的  $B$  值, 最后,  $C_0$  至  $C_9$  是系数。

7. 按照权利要求 5 的设备, 其中的自适应反馈使系数最佳化。

8. 按照权利要求 1 的设备, 还包括一延时模块, 位于抽样模块和输出模块之间。

9. 一种用于使具有同相分量和正交分量的基带信号, 以自适应方式预失真的方法, 该方法包括:

用通信部件产生基带信号;

把基带信号限幅, 产生限幅信号;

对限幅信号滤波, 消除限幅信号的高频分量, 产生滤波信号;

增加滤波信号的抽样速率, 获得上升抽样的信号;

获得预失真参数;

输出以预失真参数和上升抽样信号为基础的输出信号;

对根据输出信号产生的 RF 信号进行抽样; 和

根据抽样提供自适应反馈。

10. 按照权利要求 9 的方法, 其中增加抽样速率步骤, 包括使抽样速率增加为原来的倍。

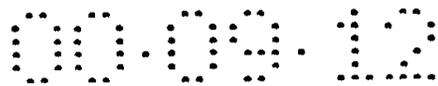
11. 按照权利要求 9 的方法, 其中获得参数步骤, 包括用同相分量和正交分量的平方相加来计算索引值。

12. 按照权利要求 11 的方法, 其中的获得步骤还包括从查阅表检索参数。

13. 按照权利要求 9 的方法, 还包括从带有系数的多项式导出各个参数。

14. 按照权利要求 13 的方法, 其中的参数是通过定义参数为  $A$  和  $B$ , 并运算如下多项式而导出的:

$$\text{对 } A \leq A_m, \quad A = C_0 + C_1 P + C_2 P^2 + C_3 P^3$$



否则  $A = A_m$

对  $P \leq P_b$  ,  $B = C_4P + C_5P^2 + C_6P^3$

对  $P > P_b$  ,  $B = (B_{b1} - B_{b2}) + C_7P + C_8P^2 + C_9P^3$

这里  $P = (I^2 + Q^2)$  是瞬时包络功率,  $A_m$  是为防止过深驱动放大器, 使之进入饱和状态而加于  $A$  的最大值,  $P_b$  是  $B$  参数从一个多项式方程过渡到另一个多项式方程的转折点,  $B_{b1}$  和  $B_{b2}$  分别是第一和第二个多项式方程在  $P = P_b$  时的  $B$  值, 最后,  $C_0$  至  $C_9$  是系数。

15. 按照权利要求 9 的方法, 还包括把上升抽样信号延时输入至输出模块。

16. 一种用于使具有同相分量和正交分量的基带信号, 以自适应方式预失真的系统, 该系统包括:

用通信部件产生基带信号的装置;

把基带信号限幅, 产生限幅信号的装置;

对限幅信号滤波, 消除限幅信号的高频分量, 产生滤波信号的装置;

增加滤波信号的抽样速率, 获得上升抽样的信号的装置;

根据同相分量和正交分量计算索引值的装置;

根据索引值, 从查阅表检索各个参数的装置;

输出以查阅表检索的参数和上升抽样信号为基础的输出信号的装置;

对根据输出信号产生的 RF 信号进行抽样的装置; 和

根据抽样, 向查阅表提供自适应反馈的装置。

17. 一种使基带信号按自适应方式预失真的设备, 该设备包括:

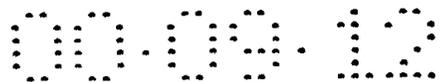
一抽样模块, 它增加滤波信号的抽样速率, 获得上升抽样的信号;

一有效地计算预失真参数的模块;

一输出模块, 它根据预失真参数和上升抽样信号, 有效地产生输出信号;

一接收机, 它有效地检索根据输出信号产生的 RF 信号的抽样;

和



一处理器，它根据这些抽样，有效地提供自适应反馈。

18. 按照权利要求 17 的设备，还包括一限幅模块，它有效地对基带信号限幅。

19. 按照权利要求 18 的设备，还包括滤波器模块，它有效地对限幅后的基带信号进行滤波。

20. 按照权利要求 17 的设备，其中的参数是从带有系数的多项式导出的。



## 说 明 书

---

### 在无线通信系统中缩减邻近 信道功率的一种方法和设备

本发明涉及在无线通信系统中，缩减邻近信道功率的一种方法和设备。更具体说，本发明针对以数字方式和自适应方式使信号预失真的系统，此信号包括它被送至放大器输入前对信号的校正，这一校正与放大器产生的预期失真相等并相反。这样，此校正与放大器的失真互相抵消，使系统获得全面的线性传递特性。在此情形下，邻近信道功率可以满意地缩减。

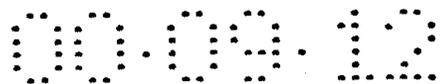
虽然本发明特别针对无线通信系统中缩减邻近信道功率的技术，并在基站中找到特殊的应用，因而也将专门参照这方面加以说明，但应当明白，本发明可以用于其他领域和应用。例如，本发明可以用于无线电话单元和其他的这类部件。

作为背景情况，近代无线通信系统要求对邻近信道功率（ACP）进行严格控制，以避免邻近信道的干扰。这一要求对基站放大器的发射功率是个沉重的负担，它要求高度线性，以避免寄生的信道外发射，同时又要保持高的功率效率，使温升最小和可靠性最大。这些要求对码分多址（CDMA）系统特别严厉，因为其信号的伪随机性质，致使峰值功率比平均功率超出十倍或更多。

为了达到合理的功率效率，基站放大器都设计成 AB 类工作模式。遗憾的是，工作在 AB 类模式的放大器，其传递特性大大偏离线性。这导致不可接受的高的 ACP。使放大器线性化的传统方法，是采用自适应前馈法，虽然有效，但带来巨大的费用增加。

本发明提出缩减无线通信系统中邻近信道功率的一种新方法和设备，它解决了上面指出的困难和其他问题。

这里给出缩减无线通信系统中邻近信道功率的一种方法和设备。此系统以数字方式和自适应方式，对具有同相分量和正交分量的基站



信号进行预失真。此基站信号是通信部件产生的。

依照本发明的一个方面，该设备包括：一个有效地把基带信号限幅的限幅模块，以产生限幅信号；一个有效地过滤限幅信号的滤波器模块，以消除限幅信号的高频分量，产生滤波信号；一个有效地增加滤波信号抽样速率的抽样模块，以获得上升抽样的信号；一个索引计算模块，它根据基带信号的同相分量和正交分量，有效地计算索引值；一个查阅表，内有存储的各个参数——根据索引值可以检索这些参数；一个输出模块，它根据从查阅表检索的各个参数和上升抽样（upsample）信号，有效地产生输出信号；一个接收机，它有效地检索根据此输出信号产生的 RF 信号的抽样；以及一个处理器，它有效地根据抽样，向查阅表提供自适应反馈。

依照本发明的另一方面，该抽样模块使抽样速率增加为原来的四倍。

依照本发明的另一方面，该索引值的计算是把同相分量和正交分量的平方相加。

依照本发明的另一方面，该索引值是基带信号的瞬时功率包络。

依照本发明的另一方面，这些参数是从带有系数的多项式方程导出的。

依照本发明的另一方面，这些参数被定义为 A 和 B，而该多项式方程如下：

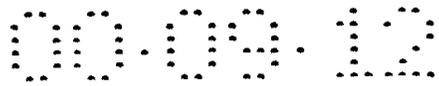
$$\text{对 } A \leq A_m, \quad A = C_0 + C_1 P + C_2 P^2 + C_3 P^3$$

$$\text{否则 } A = A_m$$

$$\text{对 } P \leq P_b, \quad B = C_4 P + C_5 P^2 + C_6 P^3$$

$$\text{对 } P > P_b, \quad B = (B_{b1} - B_{b2}) + C_7 P + C_8 P^2 + C_9 P^3$$

这里  $P = (I^2 + Q^2)$  是瞬时包络功率， $A_m$  是为防止过深驱动放大器，使之进入饱和状态而加于 A 的最大值， $P_b$  是 B 参数从一个多项式方程过渡到另一个多项式方程的转折点， $B_{b1}$  和  $B_{b2}$  分别是第一和第二个多项式方程在  $P = P_b$  时的 B 值，最后， $C_0$  至  $C_9$  是从属于特定放大器的系数，而且可以随放大器部件的温度、老化等等而变化。



依照本发明的另一方面，自适应反馈是把这些系数最佳化。

依照本发明的另一方面，该设备还包括一个延时模块，位于抽样模块和输出模块之间。

依照本发明的另一方面，以自适应方式使基带信号预失真的方法包括：用某种通信部件产生基带信号；把基带信号限幅，以产生限幅信号；把限幅信号滤波，以消除限幅信号的高频分量，产生滤波信号；增加滤波信号的抽样速率，以获得上升抽样的信号；获取预失真的各个参数；输出以各个预失真参数和上升抽样的信号为基础的输出信号；对此输出信号产生的 RF 信号进行抽样；最后，根据此抽样提供自适应反馈。

依照本发明的另一方面，抽样速率的增加步骤包括把抽样速率增加为原来的四倍。

依照本发明的另一方面，各个参数的获取步骤包括把同相分量和正交分量的平方相加来计算索引值。

依照本发明的另一方面，获取步骤还包括从查阅表检索各个参数。

依照本发明的另一方面，该方法还包括从带有系数的多项式方程导出各个参数。

依照本发明的另一方面，参数的导出，是把参数定义为 A 与 B，并通过计算如下多项式方程而得到的：

$$\text{对 } A \leq A_m, \quad A = C_0 + C_1 P + C_2 P^2 + C_3 P^3$$

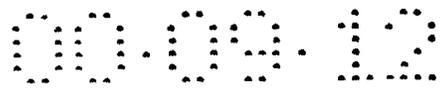
$$\text{否则 } A = A_m$$

$$\text{对 } P \leq P_b, \quad B = C_4 P + C_5 P^2 + C_6 P^3$$

$$\text{对 } P > P_b, \quad B = (B_{b1} - B_{b2}) + C_7 P + C_8 P^2 + C_9 P^3$$

这里  $P = (I^2 + Q^2)$  是瞬时包络功率， $A_m$  是为防止过深驱动放大器，使之进入饱和状态而加于 A 的最大值， $P_b$  是 B 参数从一个多项式方程过渡到另一个多项式方程的转折点， $B_{b1}$  和  $B_{b2}$  分别是第一和第二个多项式方程在  $P = P_b$  时的 B 值，最后， $C_0$  至  $C_9$  是系数。

依照本发明的另一方面，该方法还包括使输入至输出模块的上升抽样信号延时。



依照本发明的另一方面，系统包括：用通信部件产生基带信号的装置；把基带信号限幅，以产生限幅信号的装置；把基带信号滤波，以消除限幅信号的高频分量，产生滤波信号的装置；增加滤波信号的抽样速率，以获得上升抽样信号的装置；根据同相分量和正交分量，计算索引值的装置；根据索引值，从查阅表检索各个参数的装置；输出以查阅表检索的参数和上升抽样信号为基础的输出信号的装置；对根据此输出信号产生的 RF 信号进行抽样的装置；最后是根据此抽样向查阅表提供自适应反馈的装置。

依照本发明的另一方面，此设备包括：一个增加信号抽样速率的抽样模块，以获得上升抽样的信号；一个有效地计算预失真参数的模块；一个根据预失真参数和上升抽样信号，有效地产生输出信号的输出模块；一个有效地检索在此输出信号基础上产生的 RF 信号抽样的接收机；最后是一个根据此抽样有效地提供自适应反馈的处理器。

本发明的主要优点是，它按自适应方式及数字方式使信号预失真，以补偿放大器的非线性，从而为缩减邻近信道功率，提供又一种高效且可靠的方法。

本发明的另一优点是，它对信号的校正是在信号转换为射频 (RF) 信号之前，在数字基带信号的基础上完成的。这样，可以利用数字电路的精确性和高效率。

本发明的更广的应用范围，将从下面给出的详细说明看得很清楚。然而应当指出，所作的详细说明和所用的例子，虽然针对本发明的优选实施例，但只是示例性的，因为在本发明的精神和范围内的各种变化和更改，对本领域熟练人员是显而易见的。

本发明寓于其结构、配置、和部件的各部分的组合、以及方法的步骤，其中要达到的目标，在后面有更充分的说明，特别由权利要求书所指出，并示于附图内，附图有：

图 1 是按照本发明的系统的整体方框图；

图 2 是按照本发明的数字预失真器的方框图；

图 3 是按照本发明的接收机的方框图；

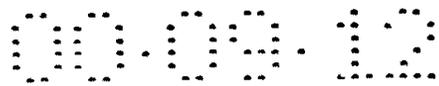


图 4 是流程图，表明按照本发明的方法；

图 5 是表示基带波形的曲线图；

图 6 按照本发明，在频域上画出各种信号；

图 7 是曲线图，表明按照本发明产生的 CDMA 信号；和

图 8 是从图 2 选出的部分的方框图。

现参照各个附图，图上所示仅为说明本发明的特定实施例，而不是对本发明的限制，图 1 给出按照本发明的系统的整体图。如图所示，系统 10 包括一数字预失真器，或叫预失真模块 12，用于接收输入信号，IQ 调制器 14 与模块 12 的输出连接，放大器 16 与调制器 14 的输出连接，而接收机 18 通过耦合器 17 与放大器的输出耦合，并反馈至模块 12。这些组件的配置，是为了对通信部件——诸如发送无线通信数据的基站——产生、并作为输入信号加到预失真模块 12 上的数字基带信号（如，码分多址（CDMA）信号，宽带 CDMA 信号，时分多址联接（TDMA）信号，经环球移动通信系统增强数据速率的改进（EDGE）信号，或任何有很大的峰值功率对平均功率比值的信号），加以校正。该系统还通过接收机 18 向系统提供自适应反馈，使此校正最佳化。

更具体说，按照本发明的数字预失真技术，包括在数字基带信号送至放大器 16 的输入之前，对此信号施加校正，使此校正等于且与放大器 16 产生的失真相反。这样，此校正与放大器的失真互相抵消，使系统获得全面的线性传递特性。信号的校正得益于在数字基带信号被转换为 RF 前完成，以借助数字电路的精确性和低廉的价格。

按照本发明，为了校正上面指出的放大器的非线性，信号的振幅和相位两者都进行了预失真。振幅和相位两者的校正都随瞬时功率（即包络功率）而变化，而且，预失真电路要求对放大器的幅值和相位如何随功率电平变化有精确的描述，以便完成其功能。下面还将说明，所要求的校正（作为功率电平的函数）的函数表达，采用多项式方程的形式，从这个多项式方程导出查阅表。

更具体说，此数字基带信号由同相（I）和正交（Q）分量的离散

时间抽样组成，这两个分量在数模转换之后，加到矢量 IQ 调制器 14 上，产生 RF 信号。对基带信号的每个抽样，可以用复数符号表示为  $(I + jQ)$ ，这里  $j$  是  $(-1)$  的平方根。于是，预失真运算可以表示如下：

$$I' + jQ' = (I + jQ)(A + jB)$$

$$I' = IA - QB$$

$$Q' = QA + IB$$

这里  $I'$  和  $Q'$  是预失真的同相和正交基带信号，而  $A$  和  $B$  是预失真参数，它们是瞬时包络功率的函数。通常， $A$  和  $B$  都存储在查阅表内，以  $(I^2 + Q^2)$  给出的瞬时包络功率为索引。

现参考图 2，按照本发明的预失真模块 12，取图示的形式。模块 12 包括均衡滤波器 20，用于接收上述由同相和正交分量组成的信号。均衡滤波器是本领域熟知的组件，它与限幅模块 22 有效地连接，限幅模块把信号限制在预定的阈值，产生限幅信号。限幅模块 22 的输出馈送至一低通滤波器模块 24，后者消除因限幅而产生的高频分量。

产生滤波信号的低通滤波器模块 24，其输出与抽样模块 26 连接。抽样模块 26 向索引计算模块提供上升抽样信号（如，把抽样速率从  $2X$  增至  $8X$ ）。根据基带信号的同相和正交分量，计算索引值。计算模块与查阅表 30 连接，查阅表内存储有各个参数。根据计算的索引值，检索各个参数。

查阅表 30 内的预失真参数  $A$  和  $B$  是从一组多项式方程导出的，这些方程与使放大器特性线性化所必须的校正十分接近。由于 AB 类放大器特性的复杂性，要获得有用的结果，对  $B$  参数要用一对多项式方程，而  $A$  参数则用单个多项式方程就可以了（作为近似，可以认为， $A$  参数校正放大器的振幅失真，而  $B$  参数校正相位失真）。这些多项式方程可以列出如下：

$$\text{对 } A \leq A_m, \quad A = C_0 + C_1P + C_2P^2 + C_3P^3$$

$$\text{否则 } A = A_m$$

$$\text{对 } P \leq P_b, \quad B = C_4P + C_5P^2 + C_6P^3$$

$$\text{对 } P > P_b, \quad B = (B_{b1} - B_{b2}) + C_7 P + C_8 P^2 + C_9 P^3$$

这里  $P = (I^2 + Q^2)$  是瞬时包络功率， $A_m$  是为防止过深驱动放大器，使之进入饱和状态而加于  $A$  的最大值， $P_b$  是  $B$  参数从一个多项式方程过渡到另一个多项式方程的转折点， $B_{b1}$  和  $B_{b2}$  分别是第一个和第二个多项式方程在  $P = P_b$  时的  $B$  值，最后， $C_0$  至  $C_9$  是从属于特定放大器的系数，而且可以随放大器部件的温度、老化等等而变化。当然，应当清楚，在适当的情形下，对  $A$  参数也可以像  $B$  参数那样，用两 (2) 个方程。

为适应各个系数的时变性质，本发明采用一种自适应方案，其中，各个系数值不断地最佳化 (或不断地受控制)，以维持最小的或缩减的 ACP。如图 1 所示，放大器 16 输出上的耦合器 17，对输出抽样，同时，被调谐至使 ACP 缩减或最小化的频率区域的接收机 18，产生一个与接收功率成正比的电压。可以用多个接收机在多于一个频率上对 ACP 抽样，或者用单个接收机相继地调谐至感兴趣的各个频率。然后，在不同频率上获得的电压被组合为单一的量，其值就是将要缩减或最小化的。一般说，用两个频率已经足够，当用两个频率时，得到的电压  $V_1$  和  $V_2$  可以组合如下：

$$V = V_1 + V_2 + |(V_1 - V_2)|$$

这里  $|(V_1 - V_2)|$  是  $(V_1 - V_2)$  的绝对值。代替简单地给出两个值之和，这样使用绝对值可以使  $V_1$  和  $V_2$  两者缩减或最小化。

使  $V$  从而 ACP 缩减或最小化的各个系数值的合适算法，是熟知的单纯形算法 (Simplex algorithm)，在 Nelder and Mead 的 “A Simplex Method For Function Minimization,” 有说明，见 Computer Journal, Vol. 7, pp. 308-313 (1965)，该文收入于此，以供参考。下面将说明，该算法以修改的形式实施。

现再参考图 2，修改的单纯形算法由处理模块 32 运行。应当清楚，处理模块 32 可以用各种形式，包括微处理器，数字信号处理器，或使用 FPGA (现场可编程门阵列) 部件的处理电路。还应当清楚，在阅读这里的说明后，本领域熟练人员应当明白，单纯形算法可以用硬件

和软件的适当组合，以任何合适方式实施。当然，用于实施该算法的部件（这里就是模块 32）应包含适当的存储器容量，以存储和维持运行该算法所必须的代码和数据。

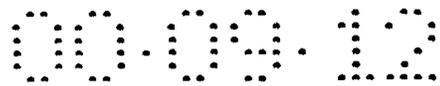
在每次迭代时，从该算法导出的各个系数值，要用在上述 A 和 B 的方程，以产生一个表，供该算法在下次迭代时使用。该算法可以持续运行，使系数值能跟踪任何随时间出现的变化。

由 Nelder 和 Mead 发展的单纯形最佳化算法，通过数学计算，使函数值最小化或缩减函数值。其运行方式的一个重要方面是，如果某一计算被重复，则获得的函数值相同。这与用操作硬件来测量而获得的数值不同，因为噪声和起伏显然会使测量值变化。当企图用操作硬件来进行实时单纯形算法计算时，这一差别意义重大。

单纯形算法的实质在于，每次迭代时，与最坏的函数值相关的一组系数，被给出更佳函数值的新的一组取代。与迄今获得的最佳函数值相比，新的值可能更佳或可能不更佳，但当算法继续进行下去，可以指望将获得越来越佳的函数值。假定在测量中，某个噪声和起伏导致的结果，是获得某个例外地佳但错误的值。如果继后获得的值，全都比这个错误的值更坏，那么，该算法将收敛于这个错误的值。因此，按该算法的常规形式，当要最佳化的或不断受控制的量存在颇大起伏的情形下，正如现在的情形，该算法是不适用的。

为了克服这一困难，该单纯形算法用与本发明结合的修改的形式。在每次迭代结束时，如果以前最佳的值被一个更佳的值取代，则算法继续进行下一次迭代。但是，如果某次迭代没有产生一个新的最佳的值，则重新评价现存的最佳点，并用新的值代替以前的值。因此，该算法能够从起伏的测量产生的错误数据中恢复。为要到达希望的点（它可能是最佳的点），这些起伏会导致大量迭代，但不会妨碍到达希望的点。

为了使单纯形算法能持续运行，并跟踪放大器特性因温度变化、组件老化、或别的干扰而引起的变化，还需对该算法作另外的修改。该算法的常规实施方法中，要建立一个退出判据（此判据通常涉及函



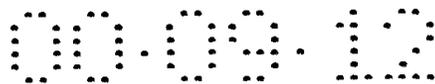
数值在该单纯形的最坏和最佳点之间的百分比变化), 当满足此判据时, 该算法便终止。当接近希望的或最佳的点时, 该算法将缩减此单纯形的大小, 在到达希望的点时, 此单纯形通常变得非常小。一旦出现这种情况, 该算法对放大器特性的变化将不再有反应。在本发明的实施中, 迭代开始时, 既要避免此单纯形的大小变得大大小于某个值, 诸如某个预设的最小值, 又要在它缩减至小于此值时, 把它增加至这个值。这个值的选取既要足够大, 使该算法能跟踪放大器特性的变化, 又不能太大, 以致不能到达希望的(或最佳的)点。适当的值是这样的一个值, 它使在单纯形的最坏点上的每个系数值, 与在最佳点上的相应值约差百分之5至百分之10。

继续参考图 2, 查阅表 30 从处理模块 32 接收自适应反馈。抽样模块 26 的输出还连接至延时电路 34, 后者接着连接至输出模块 36, 输出模块 36 根据从查阅表检索的参数和上升抽样信号, 有效地产生输出信号。

图 8 画出选自图 2 一部分的现场可编程门阵列 800 的一个例子。I 和 Q 的数据路径如 802、804 所示, 是独立地平方的, 以便产生  $I^2$  和  $Q^2$ 。这两个值在 806 被加起来, 构成查阅表 30 的索引地址, 查阅表 30 采用两个分离的双端口 RAM 存储器块 808 和 810 的形式, 它分别包含 A 和 B 参数。从存储器块输出的各个参数, 在 812、814、816、和 818 上被延时的 I 和 Q 值两者相乘, 产生四个值:  $I \times A$ 、 $I \times B$ 、 $Q \times A$ 、和  $Q \times B$ 。这些值用加法器和减法器块 820 和 822 组合, 构成  $(IA - QB)$  和  $(QA + IB)$ 。这两个值的输出, 给出  $I'$  和  $Q'$ 。

附加电路 824 用标准存储器接口信号, 把处理模块 32 产生的参数数据装入双端口存储器块 808 和 810。双端口存储器的使用, 允许在装入参数的同时, 不中断预失真处理对各个参数的访问。

应当清楚, 例如, 当处理模块有足够高的处理速度, 可以在“需要”的时候获得 A 和 B 参数时, 没有必要配置查阅表。此时, 处理模块计算各个适当的系数, 而 A 和 B 参数在必要时或需要时再由处理模块随后计算, 无需把这些参数存储在查阅表内。



回头参考图 1，数字预失真自适应环路中的接收机 18，用于测量特定频率上一窄带内的 RF 功率。这个调谐的频率，被从例如主 CDMA 载波频率偏移，且偏移至要由最佳化算法最小化的 ACP 频率上。

一个单信道、单转换的接收机 18 画在图 3。更具体说，接收机 18 包括一个与混频器 52 连接的频率合成器 50。混频器 52 的输出与低通滤波器 54 连接，后者接着连接至中频 (IF) 回路 56。回路 56 的输出与模数转换器 58 连接，然后，模数转换器 58 向图 2 所示处理模块 32 提供输入。

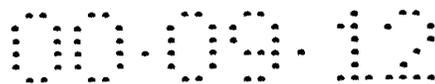
在此方框图上的三个重要频率是：射频 (RF)，它是要测量的相邻功率电平的频率；本机振荡器频率 (LO)，它随需要变化，对接收机进行调谐；最后是中频 (IF)，它是固定的。需要的 LO 频率由  $LO = RF - IF$  得到。

更具体说，接收机 18 的 RF 输入，是从功率放大器 16 的输出耦合出来的。宽带 RF 信号用混频器 52 下变频至中频 (IF)，其中  $IF = RF - LO$ 。混频器的 LO 是锁相环路 (PLL) 频率合成器 50 产生的。此 LO 频率用微处理器的 (数字) 调谐命令设定。

用低通滤波器 54 滤去  $RF+LO$  的频率成分，和 RF 和 LO 的馈通，以及混频器 52 产生的更高频率成分。接收机的 IF 回路 56，在图 3 中以单个方框表示。在某种形式中，IF 回路 56 实际包括多个放大器和一个窄的带通滤波器，后者保证要测量的功率是真正在调谐频率上的功率，而不包含来自，例如主 CDMA 载波的功率。IF 回路 56 还产生一个接收信号强度指示 (RSSI) 输出。此电压正比于 IF 功率，后者又正比于 RF 功率，然后用一个模数转换器 (ADC) 对此电压进行抽样。ADC 的输出是一个数字字 (它代表调谐频率上的功率电平)，供最佳化算法使用。

在某些实施中，最佳化算法在多个频率点上监控 ACP，因此单信道接收机必须不断地重新调谐。这个重新调谐可以用与下面类似的步骤完成：

- 微处理器 (如处理模块 32) 送出调谐命令至频率合



成器。这一步将设定 LO 频率（从而接收机的调谐频率）。

- 微处理器等待 PLL 和 RSSI 的调整。
- 微处理器读取数字化的 RSSI 值。如果要求平均的 RSSI, 则读取多个读数。
- 对下一频率重复这些步骤。

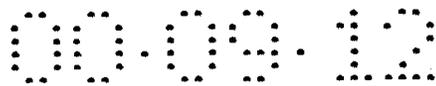
参照图 4, 在运行时, 按照本发明的系统获得基带信号(步骤 402)。这两个 I 和 Q 基带信号先通过均衡滤波器, 此滤波器具有 CDMA 标准 IS-95 所规定的特性, 且是本领域熟知的。

然后, 信号被限幅(步骤 404)并滤波(步骤 406)。基带信号(以 I 分量为例) T1、T2、和 T3 的例子, 按时域画在图 5 上, 其中 T1 是限幅前的信号, T2 是限幅后但在滤波前的信号, 而 T3 是低通滤波后的信号。频域基带 CDMA 信号 F1 的例子画在图 6。频域的限制信号 F2 和滤波信号 F3 也画在图 6 上。

画出的基带信号是在上升抽样和预失真前被限幅和滤波的。随着功率电平的增加, 放大器的增益变小, 就是说, 放大器在高功率电平时压缩信号。要校正这一压缩, 必须为预失真器把信号扩展, 即, 在高的  $(I^2 + Q^2)$  值时增加信号的电平。因此, 信号的峰值功率被预失真器增大, 进一步驱动放大器进入它的高度非线性的高功率区。为减轻这种效应, 在信号预失真前, 缩减信号峰值功率与平均功率的比值是有帮助的, 这可以在信号的峰值超过某个阈值时, 通过限制信号的峰值而实现。限幅操作产生的 ACP 用滤波器除去, 如图 6 所示。

然后, 对限幅和滤波信号进行上升抽样, 从原来的 2X 速率增至 8X 速率(步骤 408)。上升抽样是必须的, 因为预失真是一种非线性操作, 它由于产生信道外分量(与放大器产生的相等并相反)从而必然增加 Nyquist 频率, 使信号频带加宽。

上升抽样之后, 计算作为查阅表索引的  $(I^2 + Q^2)$  值, 获得索引值或瞬时包络功率(步骤 410)。然后, 利用计算的索引值, 从查阅表 30 检索或获得参数 A 和 B(步骤 412), 并用参数 A 和 B, 按照上面的方程对延时的 I 和 Q 抽样进行运算, 产生输出的基带信号 I' 和 Q'(步骤



414)。延时块 34 (图 2) 对因计算  $(I^2 + Q^2)$  和从表检索 A 和 B 所耗时间进行补偿, 使 I 和 Q 的抽样与 A 和 B 同步地到达输出块 36。

此输出信号随后被输出, 并被接收机 18 抽样 (步骤 416)。然后, 利用处理模块 32 执行修改的单纯形算法的接收机 18, 把自适应反馈送至查阅表 30。失真参数由此以自适应方式改变, 为系统提供最佳的 ACP 缩减。

一个有代表性的 CDMA 频谱 700 画在图 7。如图所示, 产生了示例性的频谱再增长区 R1 和 R2。此外, 还画出两个窄带频率 N1 和 N2, 在其上可以用接收机 18 对 ACP 进行测量或抽样。曲线上, 该两点的实际带宽不一定是按比例画的。

依据迄今的说明, 本发明的方法, 其目的是通过使基带信号的振幅和相位两者的预失真 (振幅主要由 A 参数完成, 相位主要由 B 参数完成), 对放大器的非线性提供最大可能的校正。但是, 存在一些应用, 其中信号的特性 (如在单信道 TDMA (时分多址联接) 系统中, 峰值功率与平均功率的比值接近于 1) 不允许振幅作大的扩展, 导致放大器的振幅非线性不可能如希望那样充分校正。在这类应用中, 可以通过充分校正相位 (通过 B 参数) 和适当设定  $A_m$  值来部分校正振幅, 获得基本的改善。

上面的说明仅披露本发明的特定实施例, 目的并不是对本发明加以限制。所以, 本发明不仅仅限制在上述的实施例。更准确地说, 应当认识到, 本领域熟练人员可以在本发明涵盖范围内, 策划出另外的实施例。

说明书附图

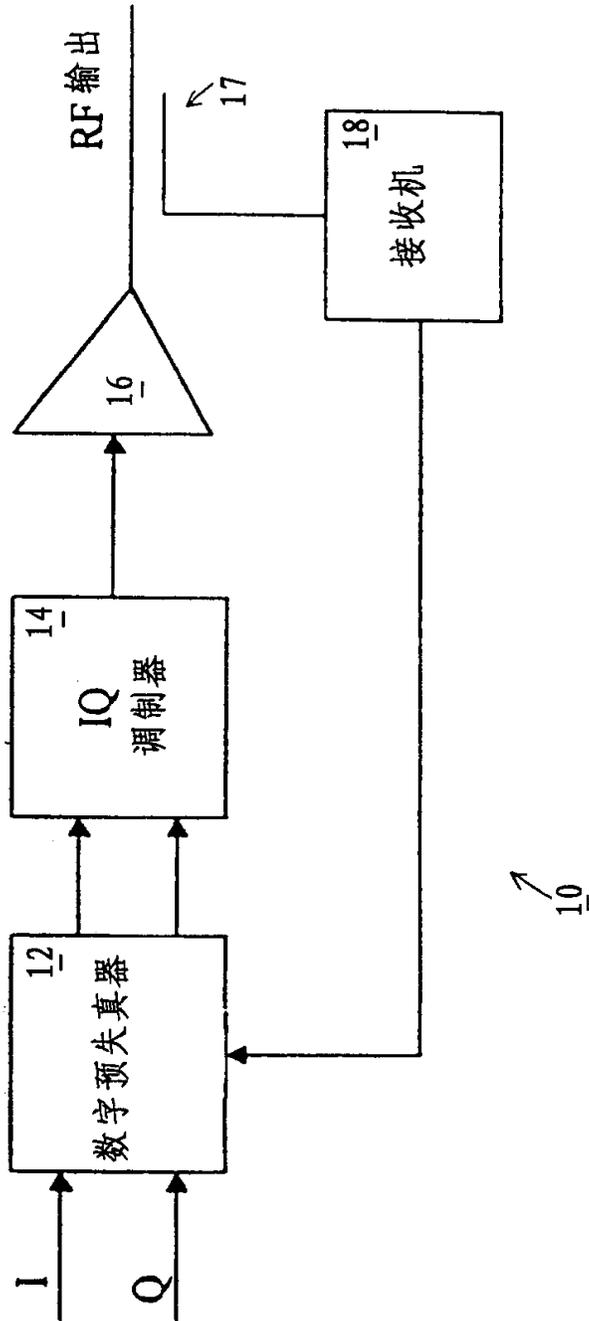


图1

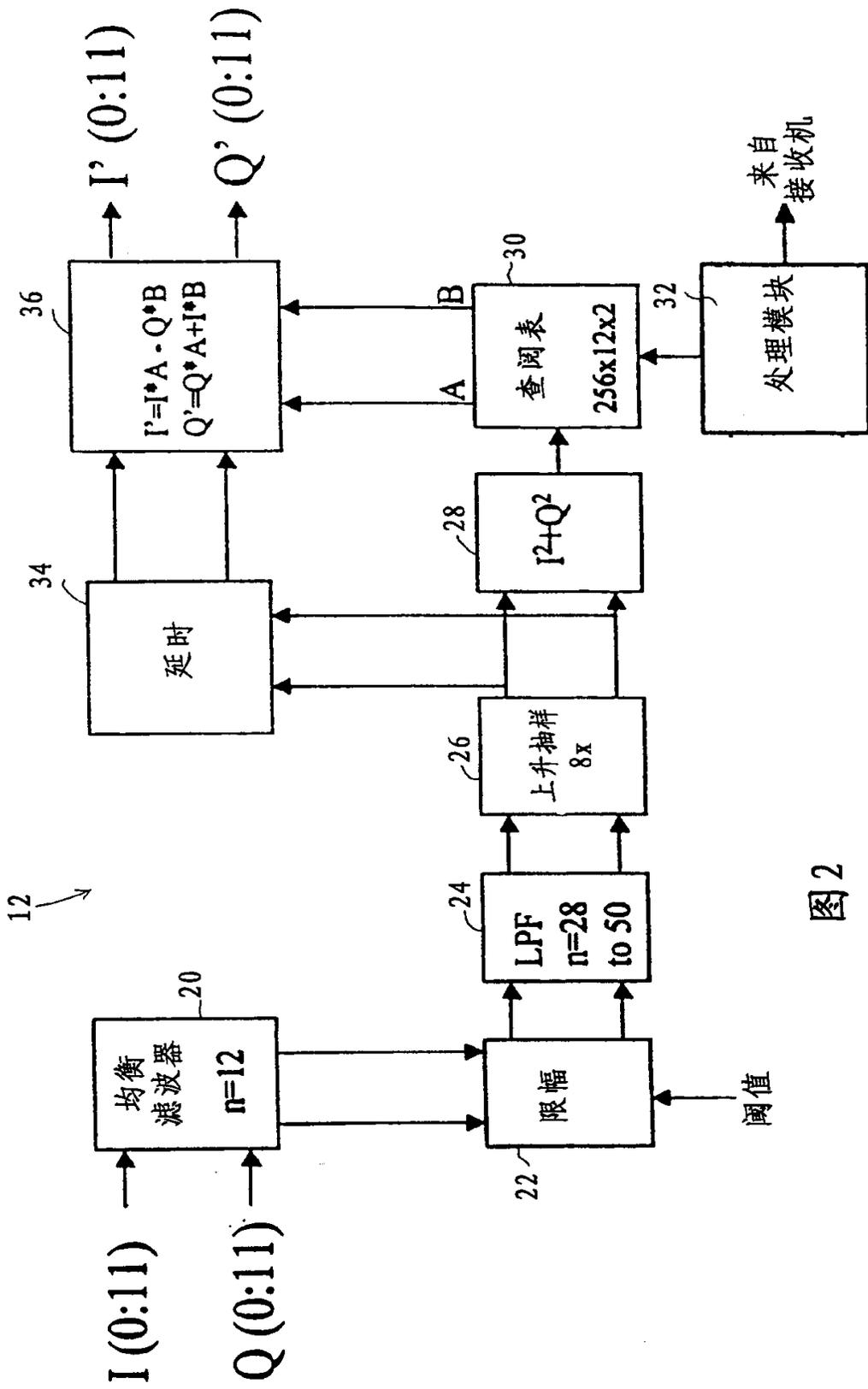


图2

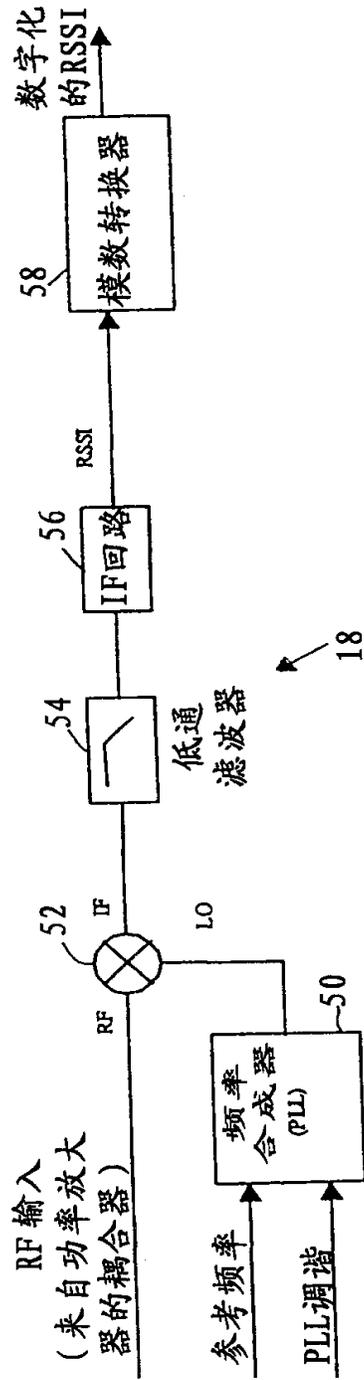


图3

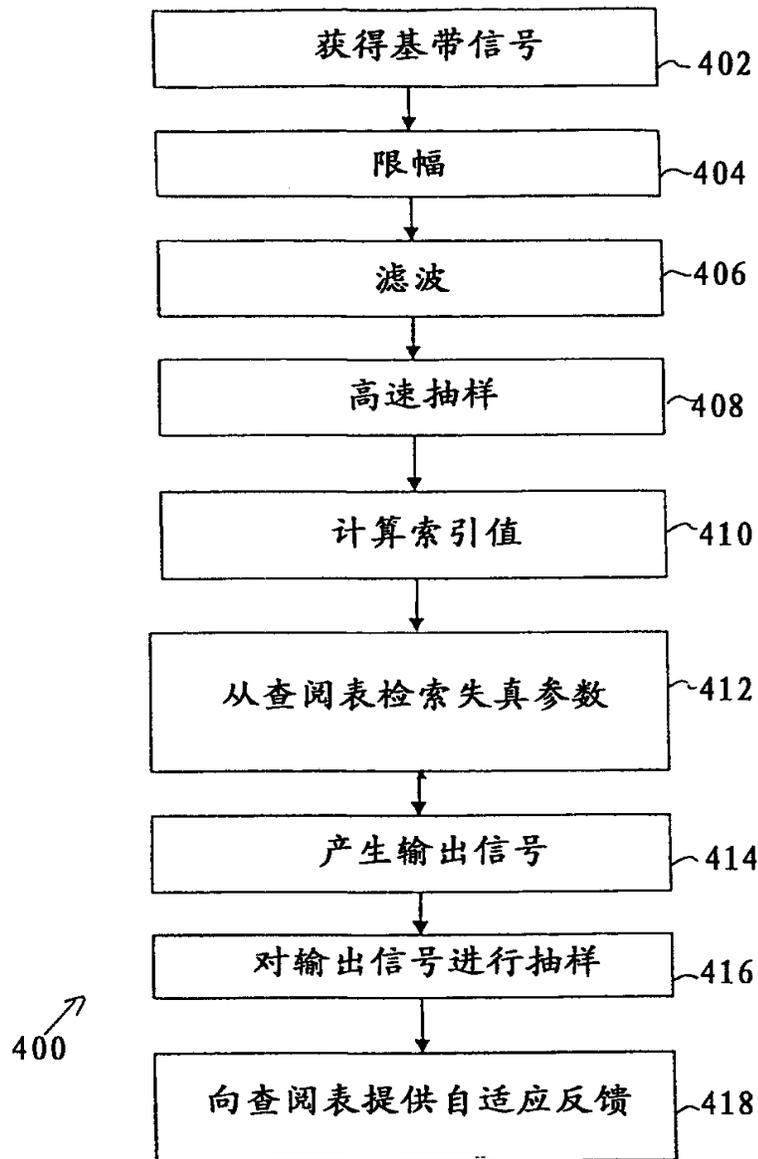


图 4

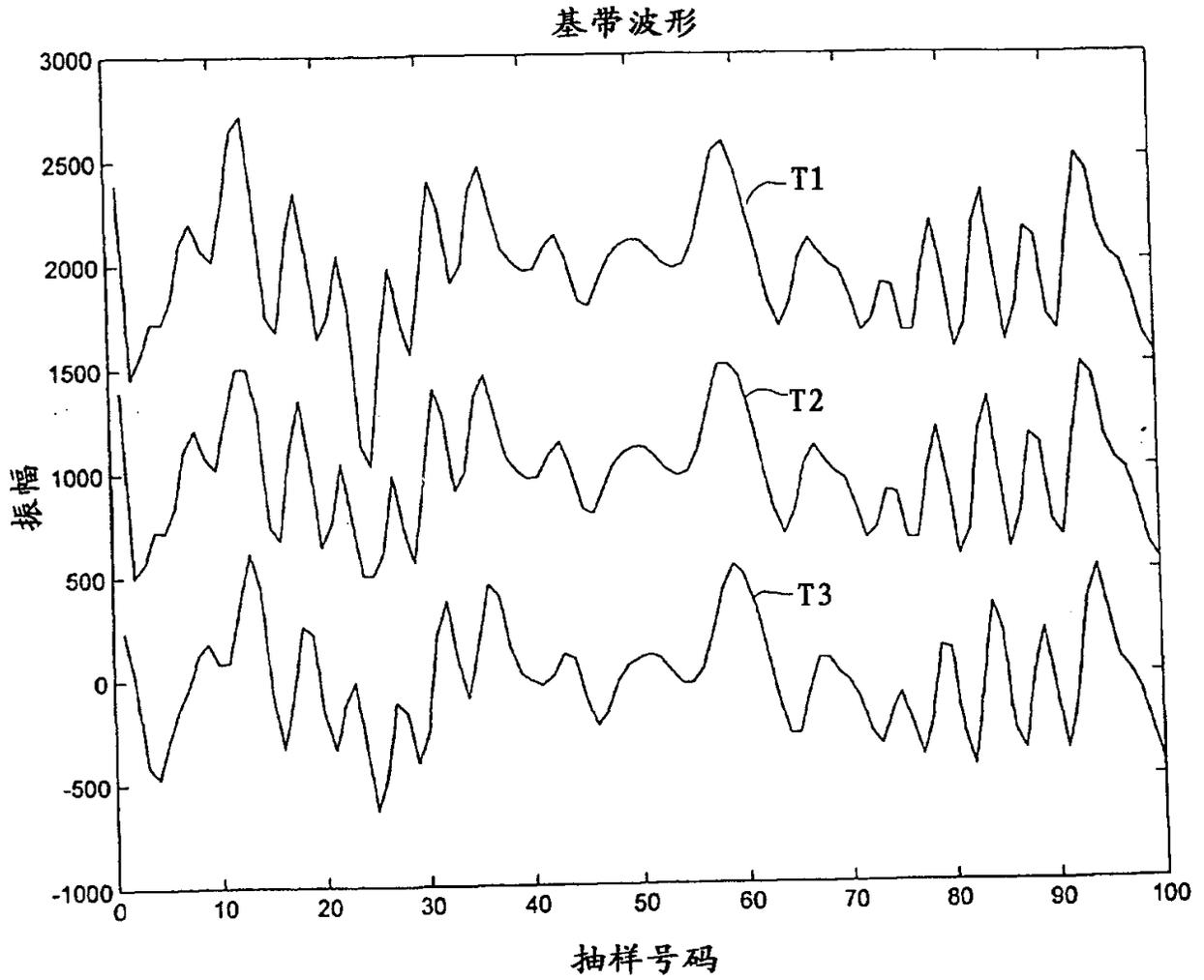


图5

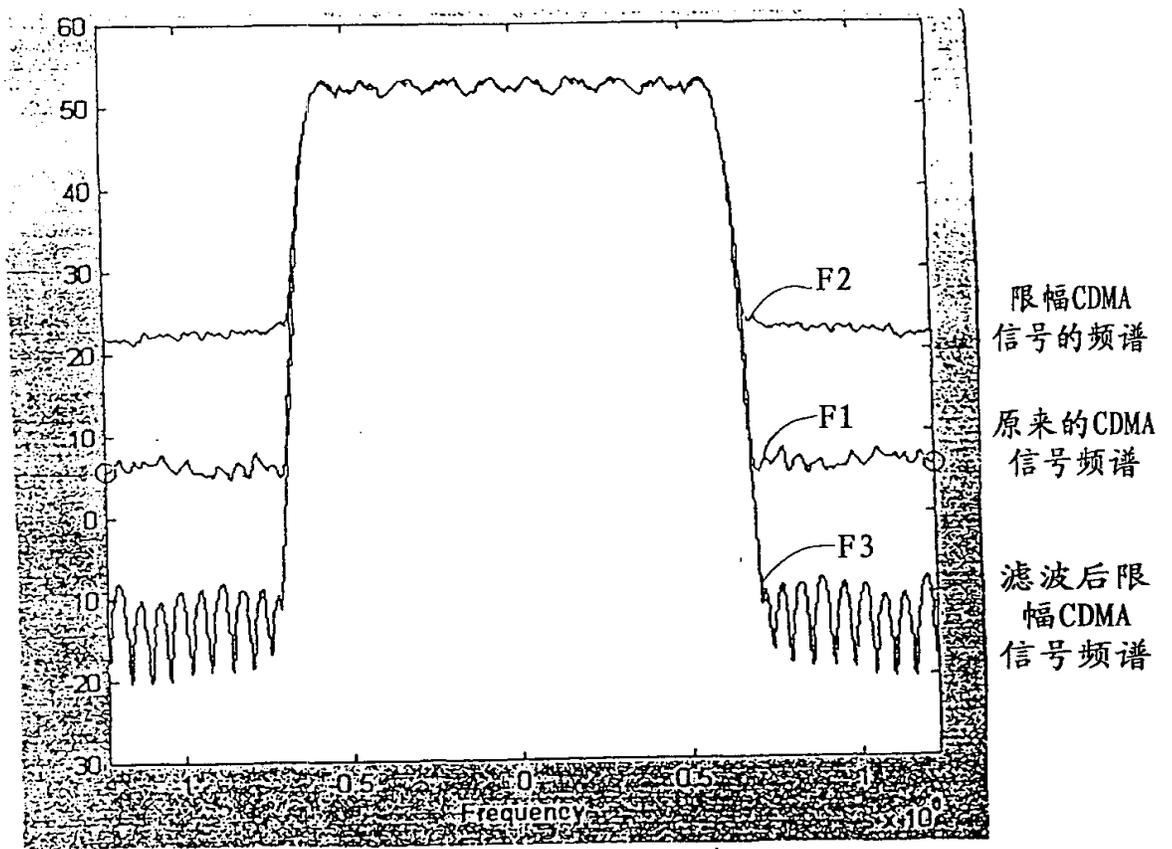


图 6

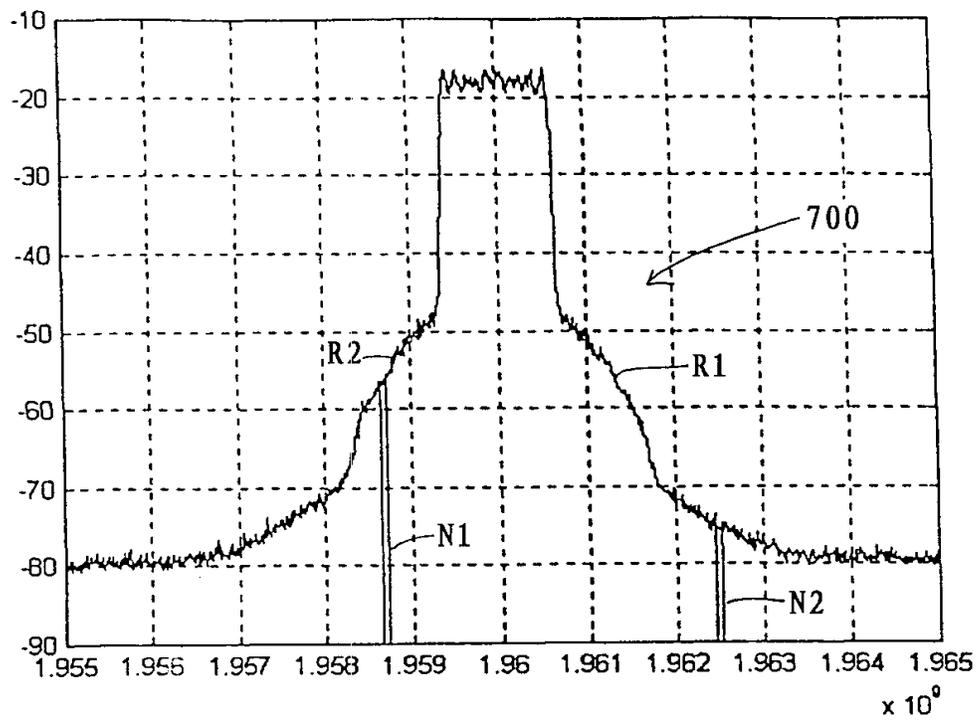


图 7

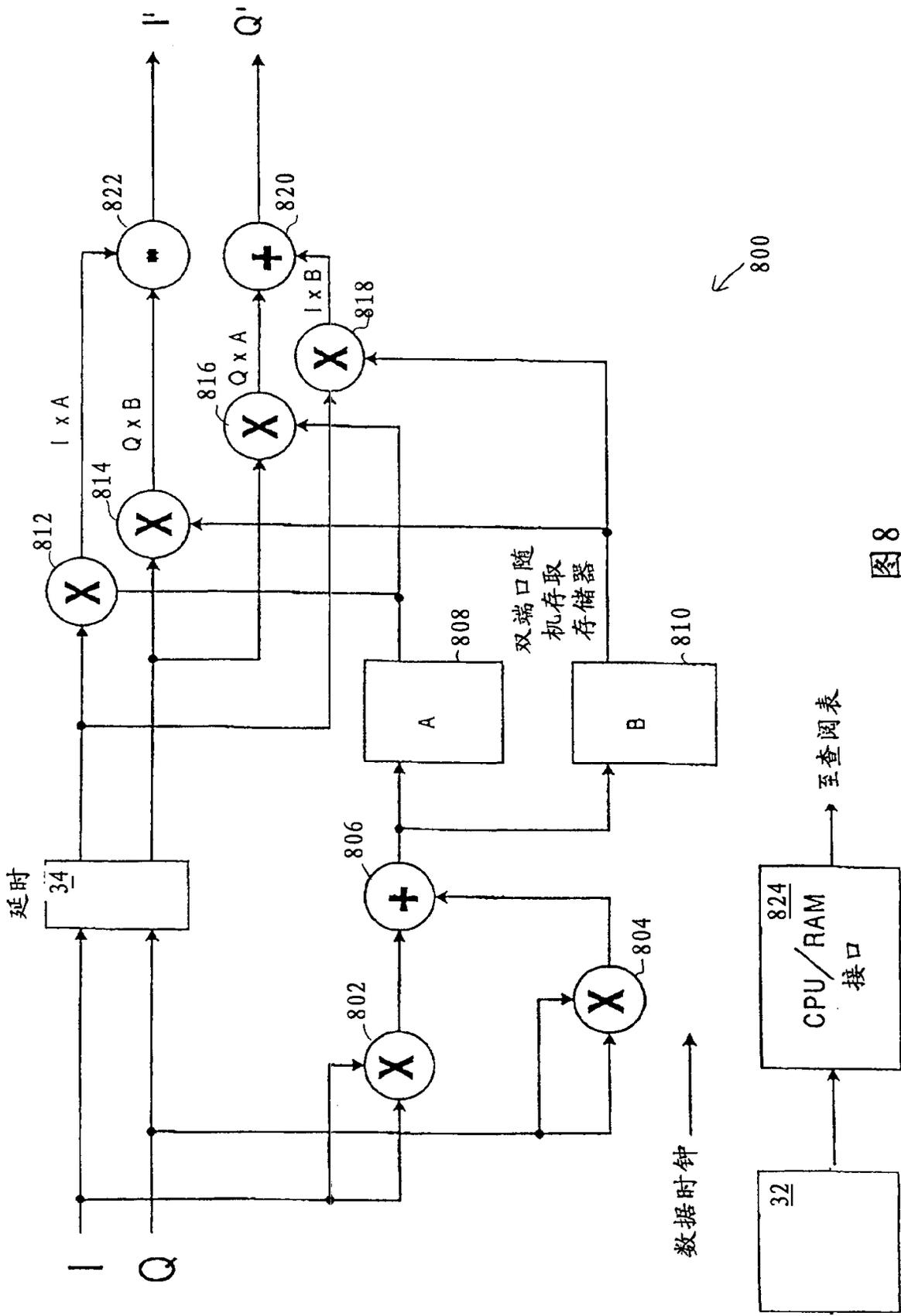


图 8