



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200610067427.9

[43] 公开日 2006年9月27日

[11] 公开号 CN 1838545A

[22] 申请日 2006.3.27

[21] 申请号 200610067427.9

[30] 优先权

[32] 2005.3.25 [33] JP [31] 2005-089595

[71] 申请人 日本电气株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 堀越修平

[74] 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理有限
责任公司
代理人 王怡

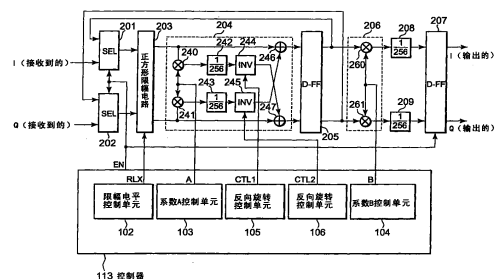
权利要求书 3 页 说明书 16 页 附图 6 页

[54] 发明名称

功率限幅电路和功率限幅方法

[57] 摘要

本发明提供了功率限幅电路和用于该功率限幅电路的方法。一种功率限幅电路包括：选择器，其接收基带信号，并且选择该基带信号或反馈信号之一，然后输出被选信号；正方形限幅电路，其接收被选信号，并且限制该被选信号的幅度，然后输出限幅后的信号；相位旋转电路，其接收限幅后的信号，并且旋转该限幅后的信号的相位，然后将相位被旋转的信号输出到选择器作为反馈信号；幅度缩放电路，其接收相位被旋转的信号，调节该相位被旋转的信号来补偿该相位被旋转的信号和限幅后的信号之间的幅度差，然后发送幅度被缩放的信号；控制电路，其控制选择器、正方形限幅电路、相位旋转电路和幅度缩放电路。



1. 一种功率限幅电路，包括：
 - 选择器，其接收基带信号，并且选择所述基带信号或反馈信号之一，
 - 5 然后输出被选信号；
 - 正方形限幅电路，其接收所述被选信号，并且限制所述被选信号的幅度，然后输出限幅后的信号；
 - 相位旋转电路，其接收所述限幅后的信号，并且旋转所述限幅后的信号的相位，然后将相位被旋转的信号输出到所述选择器作为所述反馈信号；
 - 10 幅度缩放电路，其接收所述相位被旋转的信号，调节所述相位被旋转的信号来补偿所述相位被旋转的信号和所述限幅后的信号之间的幅度差，然后发送幅度被缩放的信号；
 - 控制电路，其控制所述选择器、所述正方形限幅电路、所述相位旋转电路和所述幅度缩放电路。
 - 15
2. 如权利要求 1 所述的功率限幅电路，其中，所述选择器每 $N/4$ ($N = 2^{(n+2)}$ ； $n=0, 1, 2, \dots$) 次中的一次选择所述基带信号，并且每 $N/4$ 次中的其他次选择所述反馈信号。
3. 如权利要求 2 所述的功率限幅电路，其中，所述选择器的所述选择操作、所述正方形限幅电路的所述限幅操作、所述相位旋转电路的所述旋转操作和所述幅度缩放电路的所述调节操作在所述基带信号的一个周期中被执行 $N/4$ 次。
- 20
4. 如权利要求 3 所述的功率限幅电路，所述选择器还包括：
 - 第一选择器，其接收所述基带信号的共模信号；
 - 25 第二选择器，其接收所述基带信号的正交信号。
5. 如权利要求 2 所述的功率限幅电路，其中，对所述被选信号的限幅量是响应于在所述相位旋转电路的所述旋转操作期间的幅度改变而确定的。
6. 如权利要求 1 所述的功率限幅电路，还包括：

定时调节电路，其接收所述基带信号，调节所述时间延迟，然后输出所述调节后的基带信号；

比较电路，其接收所述基带信号，将所述基带信号与预定阈值相比较，然后输出所述比较过程的结果；

5 第三选择器，其接收所述调节后的基带信号和所述幅度缩放后的信号，并且基于所述比较过程的所述结果来选择并输出所述调节后的基带信号和所述幅度缩放后的信号之一。

7. 如权利要求 1 所述的功率限幅电路，其中，所述功率限幅电路是十六边形限幅电路。

10 8. 如权利要求 1 所述的功率限幅电路，其中，所述功率限幅电路是十二边形限幅电路。

9. 一种功率限幅方法，包括：

选择基带信号和反馈信号之一；

对所述被选信号的幅度进行限幅；

15 旋转所述限幅后的信号的相位；以及

调节所述相位被旋转的信号来补偿所述相位被旋转的信号和所述限幅后的信号之间的幅度差；

其中所述选择、限幅和旋转每个都被执行多于一次。

20 10. 如权利要求 9 所述的功率限幅方法，其中，在所述选择操作期间，每 $N/4$ ($N=2^{(n+2)}$ ； $n=0, 1, 2, \dots$) 次中的一次选择所述基带信号，并且每 $N/4$ 次中的其他次选择所述反馈信号。

11. 如权利要求 10 所述的功率限幅方法，其中，所述选择操作、所述限幅操作、所述旋转操作和所述调节操作在所述基带信号的一个周期中被执行 $N/4$ 次。

25 12. 如权利要求 10 所述的功率限幅方法，其中，对所述被选信号的限幅量是响应于在所述旋转操作期间的幅度改变来确定的。

13. 如权利要求 9 所述的功率限幅方法，还包括：

延迟所述基带信号；

将所述基带信号与预定阈值相比较；

基于所述比较结果来选择所述调节后的信号和所述延迟后的信号之一。

14. 如权利要求 9 所述的功率限幅方法，其中，所述基带信号被十六边形限幅。

5 15. 如权利要求 9 所述的功率限幅方法，其中，所述基带信号被三十二边形限幅。

功率限幅电路和功率限幅方法

5 技术领域

本发明涉及在使用 W-CDMA（宽带码分多址）无线电通信系统的基站等中的基带信号单元中使用的功率限幅（power clipping）电路。

背景技术

10 在无线电通信系统的无线电发射装置（包括移动电话）中，对于所发射的信号的幅度来说，一般认为具有极好的线性度和高效率特性的用于线性数字调制电路中的功率放大器是有益的。但是，对于每个发射的信号都使用具有极好线性度的功率放大器也有缺点，例如电路的尺寸、成本和功耗等也随之增加。因此，一般用于该领域的放大器如下。尽管实际使用的
15 功率放大器可以将线性度维持在某一水平，但是功率放大器不能保持超出该水平的线性度，因此可能输出非线性的信号。

在多个发射载波被复用到一起的通信方法中，例如 CDMA（码分多址）和 OFDM（正交频分复用），复用后的信号具有较大的峰值功率。由于通过使用非线性功率放大器对具有较大的峰值功率的信号进行放大，因此
20 此发生非线性失真。这致使发生带外辐射。从而，信道间干扰使调制精度降低。结果，误码率特性恶化。

考虑到这些，提出了一种限幅电路，用于分别抑制基带信号单元中的共模信号（I）和正交信号（Q）的峰值功率，以此作为用于避免在功率放大器中输出非线性输出信号的方法（例如，日本专利早期公开专利 No.
25 2004-032450,日本专利早期公开专利 No. 2004-349941）。限幅电路的典型示例有正方形限幅和圆形限幅。

正方形限幅过程可以在具有非常小的尺寸的电路中实现。但是，正方形限幅过程对 I 信号和 Q 信号分别应用限幅过程。因此，在这两个信号之一没有超过限幅电平的情况下，只对另一个信号应用限幅过程。因此，在

I 信号和 Q 信号中分别发生相位误差。这些相位误差使它们各自的调制波的调制精度降低，并且也使误码率特性恶化。

另一方面，在圆形限幅过程的情形中，限幅过程按 I 信号和 Q 信号各自的相位被应用到其二者。因此，圆形限幅过程带来了这样的优点：在圆形限幅过程中不发生相位误差，而相位误差在正方形限幅过程中是一个问题。然而，圆形限幅过程增加了算术处理、数据读取处理等的量，同时增加了 I 和 Q 信号中的每个信号的位数。因此，这导致电路尺寸增大，并且增加了功耗。

另外，还已知除正方形限幅过程和圆形限幅过程之外的多边形限幅过程。图 1 是示出了传统的十六边形限幅电路的配置的框图。该十六边形限幅电路由以下配置而成：正方形限幅电路 301、相位旋转电路 302、正方形限幅电路 303、相位旋转电路 304、正方形限幅电路 305、相位旋转电路 306、正方形限幅电路 307、相位旋转电路 308 和幅度缩放电路 309。正方形限幅电路 301 以限幅电平 RL 对接收到的 I 和 Q 信号中的每个应用正方形限幅过程。相位旋转电路 302 将已由正方形限幅电路 301 应用了正方形限幅过程的 I 和 Q 信号各自的相位旋转 $+\pi/4$ 。正方形限幅电路 303 以限幅电平 $RL \times (2)^{1/2}$ 对相位已被旋转了 $+\pi/4$ 的 I 和 Q 信号应用正方形限幅过程。相位旋转电路 304 将已由正方形限幅电路 303 应用了正方形限幅过程的 I 和 Q 信号各自的相位旋转 $-\pi/8$ 。正方形限幅电路 305 以限幅电平 $RL \times 2 \times \{2 - (2)^{1/2}\}^{1/2}$ 对相位已被旋转了 $-\pi/8$ 的 I 和 Q 信号应用正方形限幅过程。相位旋转电路 306 将已由正方形限幅电路 305 应用了正方形限幅过程的 I 和 Q 信号各自的相位旋转 $-\pi/4$ 。正方形限幅电路 307 以限幅电平 $RL \times 2 \times (2)^{1/2} \times \{2 - (2)^{1/2}\}^{1/2}$ 对相位已被旋转了 $-\pi/4$ 的 I 和 Q 信号应用正方形限幅过程。相位旋转电路 308 将已由正方形限幅电路 307 应用了正方形限幅过程的 I 和 Q 信号各自的相位旋转 $+\pi/8$ 。幅度缩放电路 309 对相位已被旋转了 $+\pi/8$ 的 I 和 Q 信号各自的幅度进行调节，输出所产生的信号。

如上所述，传统的正方形限幅过程的问题在于分别在 I 和 Q 信号中发生相位误差。

另外，圆形限幅过程的问题在于增大了电路尺寸并且增加了功耗。

此外，在多边形限幅过程中，需要将多个基本电路模块彼此串联，其中每个基本电路模块包括正方形限幅电路和相位旋转电路。因此，多边形限幅电路的缺点在于电路尺寸较大。具体而言，三十二边形限幅和十六边形限幅需要大量基本电路。因此，极大地增大了电路的尺寸。

发明内容

为了解决前述问题作出了本发明。本发明的一个目的是提供一种功率限幅电路，该电路可以避免发生相位误差（这是利用正方形限幅过程的问题），并且同时缩小电路尺寸。

本发明的一个方面是功率限幅电路，该电路具有：选择器，其接收基带信号，并且选择该基带信号或反馈信号之一，然后输出被选信号；正方形限幅电路，其接收被选信号，并且限制该被选信号的幅度，然后输出限幅后的信号；相位旋转电路，其接收限幅后的信号，并且旋转该限幅后的信号的相位，然后将相位被旋转的信号输出到选择器作为反馈信号；幅度缩放电路，其接收相位被旋转的信号，调节该相位被旋转的信号来补偿该相位被旋转的信号和被限幅的信号之间的幅度差，然后发送幅度被缩放的信号；控制电路，其控制选择器、正方形限幅电路、相位旋转电路和幅度缩放电路。

本发明另一个方面是功率限幅方法，该方法选择基带信号和反馈信号之一；对该被选信号的幅度进行限幅；旋转限幅后的信号的相位；以及调节该相位被旋转的信号来补偿该相位被旋转的信号和被限幅的信号之间的幅度差；其中在预定时间内重复所述选择、限幅和旋转操作。

在本发明的情形中，功率限幅电路具有第一选择电路、正方形限幅电路、相位旋转电路、幅度缩放电路和控制电路。功率限幅电路设计为：对于接收到的基带信号的每个周期，使第一选择电路执行选择操作、使正方形限幅电路执行限幅过程、使相位旋转电路执行相位旋转并且使控制电路切换限幅电平和控制信号的次数为 $N/4$ 次。因此，这可以利用比任何传统电路尺寸都要小的电路来实现多边形限幅过程。因此，使用根据本发明的

功率限幅电路可以利用相对较小的电路尺寸抑制输出信号的失真。这种输出信号的失真发生在通过将多个信道复用到一起而获得的 CDMA 信号所导致的峰值功率信号被输入到发射设备中的功率放大器时。另外，实现多边形限幅过程可以避免发生相位误差，而相位误差对于正方形限幅过程是个问题。此外，在本发明的情形中，通过改变限幅电平和自控制电路输出的控制信号以及对于接收到的基带信号的每个周期执行的反馈的次数，可以在不改变电路配置的情况下，根据条件和预期使用来容易地实现范围从正方形限幅过程到准圆形限幅过程中的各种限幅过程，

同样，在本发明的情形中，提供定时调节电路、比较电路和第二选择电路可以避免在不需要功率控制的较低电平处对接收到的基带信号应用多边形限幅过程。

附图说明

通过参考附图详细描述本发明的示例性实施例，本发明的上述和其他特征和优点将变更清楚，在附图中：

图 1 是示出了传统的十六边形限幅电路的配置的框图。

图 2 是示出了根据本发明示例性实施例的功率限幅电路的配置的框图。

图 3 是示出了根据本发明示例性实施例的功率限幅电路中的多边形限幅电路的配置的框图。

图 4 是示出了根据本发明示例性实施例的功率限幅电路的操作流程的流程图。

图 5 (a) 到图 5 (d) 是示出了根据本发明示例性实施例的功率限幅电路的操作的时序图。

图 6 是在二维坐标轴上示出了由图 3 的多边形限幅电路执行的多边形限幅过程的图。

具体实施方式

在下文中，将参考附图详细描述本发明的示例性实施例。所述示例性

实施例是要帮助理解本发明，而不是要以任何方式限制本发明的范围。

在根据本发明的功率限幅电路的情形中，基带信号的 I 信号（共模信号）和 Q 信号（正交信号）中的每个信号都被输入到多边形限幅电路中。多边形限幅电路由正方形限幅电路、相位旋转电路和幅度缩放电路配置而成。在多边形限幅电路中，作为接收到的信号的 I 和 Q 信号被输入到正方形限幅电路，然后由正方形限幅过程进行处理。已经由正方形限幅电路对其执行了正方形限幅过程后的 I 和 Q 信号被输入到相位旋转电路。相位已被旋转的 I 和 Q 信号被反馈回去，并被再次输入到正方形限幅电路。另外，由于它们的相位已被旋转，因此这样反馈回的信号各自的幅度比控制电路各自的原始幅度大。因此，考虑到这种增大，为了校正通过反馈从外部获得的正方形限幅电路中的限幅电平，需要执行控制。

选择器用于挑选所接收到的 I 和 Q 信号和反馈信号中的哪些应当被输入到正方形限幅电路。在十六边形限幅过程的情形中，由第一正方形限幅过程获得的 I 和 Q 信号在这些信号的相位被旋转 $+\pi/4$ 后被反馈回。至于第二正方形限幅过程，在正方形限幅电路中，以与第一正方形限幅过程不同的限幅电平对 I 和 Q 信号执行正方形限幅过程，此后 I 和 Q 信号各自的相位被旋转 $-\pi/8$ 。在第三正方形限幅过程中相位旋转 $-\pi/4$ ，在第四正方形限幅过程中相位旋转 $+\pi/8$ 。这样，相位返回到原始相位。这可以实现十六边形限幅过程。八边形限幅过程需要两次反馈。三十二边形限幅过程需要 8 次反馈。因此，N 边形限幅过程 ($N=2^{(n+2)}$, $n=0, 1, 2, \dots$) 对于 I 和 Q 信号的每个周期要求 $N/4$ 次反馈。由于由此反馈电路执行相位旋转，所以由多边形限幅电路获得的幅度值比原始幅度值大。因此，由多边形限幅电路获得的幅度值被幅度电路校正，以使这些幅度值可以与原始幅度相等。由幅度缩放电路调整后的信号成为将从多边形限幅电路输出的信号。

图 1 所示的传统十六边形限幅电路需要四个正方形限幅电路和四个相位旋转电路。如果要实现三十二边形限幅电路和十六边形限幅电路，这将导致这些电路的电阻尺寸进一步扩大的问题。本发明的优点在于仅一个正方形限幅电路和一个相位旋转电路就足以实现多边形限幅电路。

在下文中，将参考附图描述本发明的示例性实施例。图 2 是示出了根据本发明示例性实施例的功率限幅电路的配置的框图。根据该示例性实施例的功率限幅电路由以下配置而成：多边形限幅电路 107、限幅电平控制单元 102、系数 A 控制单元 103、系数 B 控制单元 104、第一反向旋转控制单元 105、第二反向旋转控制单元 106、定时调节单元 101、绝对值计算单元 108、I/Q 加法器电路 109、比较电路 110、充当第二选择电路的选择器（下文简称为“SEL”）111 和逻辑乘法电路（下文称作“AND”）112。控制器 113 包括限幅电平控制单元 102、系数 A 控制单元 103、系数 B 控制单元 104、反向旋转控制单元 105 和反向旋转控制单元 106。限幅电平 RL 和 RLx 从控制器 113 中的限幅电平控制单元 102 输出。

在本示例性实施例的情形中，接收到的信号是已由基带信号过程处理后的 I 和 Q 信号。已由基带信号过程处理后的 I 和 Q 信号被输入到多边形限幅电路 107、定时调节单元 101 和绝对值计算单元 108。

来自限幅电平控制单元 102、系数 A 控制单元 103、系数 B 控制单元 104、第一反向旋转控制单元 105 和第二反向旋转控制单元 106 的控制信号结合这些电路的操作被输入到多边形限幅电路 107。这些控制信号取决于每个多边形类型。因此，这些控制信号的建立值预先被写到 RAM 中（这里未示出）。然后，这些这样写入的建立值被读出，并且被输入到多边形限幅电路 107。

图 3 示出了根据本示例性实施例的多边形限幅电路 107 的配置。多边形限幅电路 107 由以下配置而成：充当第一选择电路的 SEL 201 和 202、多边形限幅电路 203、相位旋转电路 204、D 触发器电路（下文简称为“D-FF”）205 和 207，幅度缩放电路 206 和幅度减小单元 208 和 209。

相位旋转电路 204 由以下配置而成：乘法器 240、乘法器 241、幅度减小单元 242 和 243、反相器单元 244 和 245、加法器 246 和加法器 247。乘法器 240 将自正方形限幅电路 203 输出的 I 信号乘以系数 A。乘法器 241 将自正方形限幅电路 203 输出的 Q 信号乘以系数 A。幅度减小单元 242 和 243 分别以比率 1/256 减小从加法器 240 和 241 输出的信号的幅度。反相器单元 244 和 245 分别使从幅度减小单元 242 和 243 输出的信号反相

或不反相，并输出产生的信号。加法器 246 将自正方形限幅电路 203 输出的 I 信号和自反相器 245 输出的信号相加。加法器 247 将自正方形限幅电路 203 输出的 Q 信号和自反相器 244 输出的信号相加。

另外，幅度缩放电路 206 由乘法器 260 和 261 配置成，乘法器 260 和
5 261 将自 D-FF 205 输出的 I 和 Q 信号分别乘以系数 B。

SEL 201 和 202 在接收到的 I 和 Q 信号和从前一级中的 D-FF 205 反馈回的信号之间进行选择，然后输出选中的信号。SEL 201 和 202 的选择操作与控制信号 EN 同步执行。该控制信号具有与接收到的 I 和 Q 信号相同的周期。在控制信号例如是“H”电平的情形中，SEL 201 和 202 选择 I
10 和 Q 信号。在控制信号例如是“L”电平的情形中，SEL 201 和 202 选择从 D-FF 205 反馈回的信号。

正方形限幅电路 203 以限幅电平 RL_x 对从 SEL 201 和 202 输出的 I 和 Q 信号应用正方形限幅过程。由于已使用十六边形限幅的情形描述本示例性实施例，所以对于 I 和 Q 信号的每个周期从 D-FF 205 反馈回的次数是
15 四次。结果，限幅电平控制单元 102 将通过四次切换限幅电平获得的限幅电平 RL_x 输出到正方形限幅电路 203。

由第一次切换获得的限幅电平 RL_1 被表示为 RL ，由第二次切换获得的限幅电平 RL_2 被表示为 $RL \times (2)^{1/2}$ 。由第三次切换获得的限幅电平 RL_3 表示为 $RL \times 2 \times \{2-(2)^{1/2}\}^{1/2}$ ，由第四次切换获得的限幅电平 RL_4 表示
20 为 $RL \times 2 \times (2)^{1/2} \times \{2-(2)^{1/2}\}^{1/2}$ 。限幅电平与时钟信号 CLK（未示出）同步切换。时钟信号 CLK 与控制信号 EN 同步，并且其频率是接收到的 I 和 Q 信号频率的四倍。在 N 边形限幅过程的情形中，时钟信号 CLK 的频率可以设置为 I 和 Q 信号的 N/4 倍。

随后，相位旋转电路 204 使正方形限幅电路 203 已执行了第一限幅过
25 程的 I 和 Q 信号的各自的相位旋转 $+\pi/4$ 。D-FF 205 与随后的时钟信号 CLK 同步地取回相位已被旋转了 $+\pi/4$ 的 I 和 Q 信号，然后将 I 和 Q 信号分别反馈回 SEL 201 和 202。

SEL 201 和 202 选择并输出从 D-FF 205 反馈回的信号。在正方形限幅电路 203 执行第二正方形限幅过程的情形中，为了对由于相位旋转电路

204 导致信号的幅度已变得比原始幅度大的信号进行限幅，限幅电平 RL_x 被切换到限幅电平 RL_2 ，该限幅电平 RL_2 大于第一限幅电平 RL_1 。如上所述，第二限幅电平 RL_2 是第一限幅电平 RL_1 的 $(2)^{1/2}$ 倍。

相位旋转电路 204 使正方形限幅电路 203 已执行了第二限幅过程的 I 和 Q 信号的各自的相位旋转 $-\pi/8$ 。D-FF 205 与随后的时钟信号 CLK 同步地取回相位已被旋转了 $-\pi/8$ 的 I 和 Q 信号，然后将 I 和 Q 信号分别反馈回 SEL 201 和 202。在正方形限幅电路 203 执行的第三正方形限幅中，限幅电平 RL_x 切换到限幅电平 RL_3 。

随后，相位旋转电路 204 使正方形限幅电路 203 已执行了第三限幅过程的 I 和 Q 信号的各自的相位旋转 $-\pi/4$ 。D-FF 205 与随后的时钟信号 CLK 同步地取回相位已被旋转了 $-\pi/4$ 的 I 和 Q 信号，然后将 I 和 Q 信号分别反馈回 SEL 201 和 202。在正方形限幅电路 203 执行的第四正方形限幅中，限幅电平 RL_x 切换到限幅电平 RL_4 。

此后，相位旋转电路 204 使正方形限幅电路 203 已执行了第四限幅过程的 I 和 Q 信号的各自的相位旋转 $+\pi/8$ 。D-FF 205 与随后的时钟信号 CLK 同步地取回相位已被旋转了 $+\pi/8$ 的 I 和 Q 信号。

这样，相位旋转电路 204 使正方形限幅电路 203 已执行了限幅过程的 I 和 Q 信号的相位依次旋转 $+\pi/4$ 、 $-\pi/8$ 、 $-\pi/4$ 和 $+\pi/8$ 。因此，系数 A 控制单元 103 同步于时钟信号 CLK 地切换系数 A，第一反向旋转控制单元 105 同步于时钟信号 CLK 地切换控制信号 CTL1，并且第二反向旋转控制单元 106 同步于时钟信号 CLK 地切换控制信号 CTL2。

在第一旋转过程中，系数 A 为 1.0×2^8 ，控制信号 CTL1 为零（正常旋转），并且控制信号 CTL2 为 1（反向旋转）。在第二旋转过程中，系数 A 为 $\{(2)^{1/2}-1\} \times 2^8$ ，控制信号 CTL1 为 1（反向旋转），并且控制信号 CTL2 为零（正常旋转）。在第三旋转过程中，系数 A 为 1.0×2^8 ，控制信号 CTL1 为 1（反向旋转），并且控制信号 CTL2 为零（正常旋转）。在第四旋转过程中，系数 A 为 $\{(2)^{1/2}-1\} \times 2^8$ ，控制信号 CTL1 为零（正常旋转），并且控制信号 CTL2 为 1（反向旋转）。

在控制信号 CTL1 为零时，相位旋转电路 204 中的反相器单元 244 按

原样输出从幅度减小单元 242 接收到的信号。当控制信号 CTL1 为 1 时，反相器单元 244 使接收到的信号反相，然后输出所产生的信号。类似地，在控制信号 CTL2 为零时，反相器单元 245 按原样输出从幅度减小单元 243 接收到的信号。当控制信号 CTL2 为 1 时，反相器单元 245 使接收到的信号反相，然后输出所产生的信号。

已由第四正方形限幅过程和相位旋转过程处理后的 I 和 Q 信号的各自的相位返回到原始信号各自的相位。但是，幅度值变得较大。因此，使用幅度缩放电路 206 和幅度减小单元 208 和 209 使所产生的幅度返回到原始幅度。幅度缩放电路 206 中的乘法器 260 和 261 将自 D-FF 205 输出的 I 和 Q 信号分别乘以系数 B。自系数 B 控制单元 104 输出的系数 B 为 $\{RL^4 \times / (RL1 \times RL2 \times RL3 \times RL4)\} \times 2^8$ 。幅度减小单元 208 和 209 以比率 1/256 减小从幅度缩放电路 206 输出的 I 和 Q 信号各自的幅度。D-FF 207 同步于控制信号 EN 地取回自幅度减小单元 208 和 209 输出的 I 和 Q 信号。

另一方面，绝对值计算电路 108 计算接收到的 I 和 Q 信号各自的绝对值。I/Q 加法器 109 将 I 信号的绝对值|I|与 Q 信号的绝对值|Q|相加。比较电路 110 比较自 I/Q 加法器 109 输出的信号|I|+|Q|和限幅电平 RL 的幅度大小，然后输出比较结果。作为比较结果，在信号幅度不比限幅电平 RL 大的情形中，具有二输入选一输出配置的 SEL 111 选择自定时调节电路 101 输出的信号。此外，在信号幅度大于限幅电平 RL 的情形中，选择自多边形限幅电路 107 输出的信号。同样，AND 112 计算对来自控制器 113 的指令控制信号 CTL3 和来自比较电路 110 的比较结果的逻辑乘，以便可以从外部启动或停止多边形限幅过程。因此，该逻辑乘的结果被作用于 SEL 111 的控制信号。

在下文中，将提供根据本发明的本示例性实施例的功率限幅电路的操作。图 3 示出了功率限幅电路的操作。在多边形限幅电路 107 作为 N 边形限幅电路工作时，重复包括操作 404、405、406 和 407 的循环 N/4 次。

首先，多边形限幅电路 107 选择基带信号和来自 D-FF 205 的反馈信号之一（操作 404）。具体而言，SEL 201 选择 I 信号和反馈信号之一，并且 SEL 202 选择 Q 信号和反馈信号之一。这种选择操作基于来自控制器

113 的控制信号 EN 被执行。SEL 201 和 202 的操作是同步的。

在操作 404 中，控制器 113 检查该循环是否是 N/4 次中的第一次（操作 401）。如果是第一次，则 SEL 201 和 202 选择基带信号（操作 403）。在其他次时，图像 202 选择来自相位旋转电路 204 的反馈信号
5 （操作 402）。

然后，正方形限幅电路 203 对来自 SEL 201 和 202 的输入信号的幅度进行限幅（操作 405）。限幅量由下一旋转操作的幅度改变量确定。该量可以预先计算出并被存储在控制器 113 中。正方形限幅电路 203 将限幅后的信号发送到相位旋转电路 204。

10 相位旋转电路 204 对从正方形限幅电路 203 接收到的信号进行旋转（操作 406）。相位的旋转量可以基于本循环是第几次，下面将描述。相位旋转电路 204 将旋转后的信号发送到 D-FF 205。相位旋转后的信号被反馈到 SEL 201 和 202，如图 3 所示。重复操作 404 到操作 407，直到 N/4
15 次循环中的最后一次循环。如果该操作序列的循环是最后一次（N/4 次），则相位旋转后的信号被从 D-FF 207 输出到 SEL 111（操作 408）。

在下文中，将详细描述根据本示例性实施例的功率限幅电路的操作。图 5 (a) 到图 5 (d) 是示出了根据本示例性实施例的功率限幅电路的操作的时序图。

20 首先，已由基带信号过程处理过的 I 和 Q 信号被输入到多边形限幅电路 107。多边形限幅电路 107 可以使用以下信号来应对各个多边形限幅过程，所述信号分别来自：限幅电平控制单元 102、系数 A 控制单元 103、系数 B 控制单元 104、第一反向旋转控制单元 105 和第二反向旋转控制单元 106。

25 来自于限幅电平控制单元 102、系数 A 控制单元 103、第一反向旋转控制单元 105 和第二反向旋转控制单元 106 中的每个的输出值被切换的次数根据多边形限幅过程称的类型而变化。在八边形限幅过程的情形中，对于 I 和 Q 信号的每个周期，每个输出值被切换两次。在十六边形限幅过程的情形中，对于 I 和 Q 信号的每个周期，每个输出值被切换四次。在三十二

边形限幅过程中，对于 I 和 Q 信号的每个周期，每个输出值被切换八次。每个输出值的切换过程和自多边形限幅电路 107 读取的过程必须与多边形限幅电路 107 中的反馈的定时同步。因此，切换和读取必须与时钟信号 CLK 同步执行，如图 5 (b) 所示。

5 现在参考图 3 和图 5 (a) 到图 5 (d) 描述多边形限幅电路 107 的详细操作。如图 5 (c) 所示，接收到的已由基带信号过程处理过的 I 和 Q 信号分别被输入到多边形限幅电路 107 中的各自的 SEL 201 和 202。当图 5 (a) 所示的控制信号 EN 为“H”电平时，SEL 201 和 202 在时刻 t1 选择并输出接收到的 I 和 Q 信号（在图 5 (c) 中由 #1 表示）。

10 应当注意，操作多边形限幅电路 107 的周期必须比接收到的 I 和 Q 信号的周期短。将在下面描述，这是由于在执行限幅过程时，SEL 201 和 202 选择自 D-FF 205 反馈回的信号。在十六边形限幅过程中，多边形限幅电路 107 必须以接收到的 I 和 Q 信号的速率的四倍的速率工作。如上所述，时钟信号的频率必须被设置为接收到的 I 和 Q 信号的频率的四倍。

15 正方形限幅电路 203 以限幅电平 RLx 对已分别自 SEL 201 和 202 输出的 I 和 Q 信号中的每个应用独立的限幅过程。如上所述，限幅电平 RLx 的类型根据限幅过程的类型而有所不同。在十六边形限幅过程的情形中，自限幅电平控制单元 102 顺序输出四类限幅电平 RLx。在从时刻 t1 到时刻 t2 的时段中输出的限幅电平为 RL1=RL。这时，正方形限幅电路 203 以该限幅电平 RL 对已分别从 SEL 201 和 202 输出的 I 和 Q 信号应用限幅过程。

20 随后，相位旋转电路 204 使正方形限幅电路 203 已执行限幅过程的 I 和 Q 信号的各自的相位旋转。在从时刻 t1 到时刻 t2 的时段中，自系数 A 控制单元 103 输出的系数 A 为 1.0×2^8 ，自第一反向旋转控制单元 105 输出的控制信号 CTL1 为零（正常旋转），并且自第二反向旋转控制单元 106 输出的控制信号 CTL2 为 1（反向旋转）。此时，相位旋转电路 204 使 I 和 Q 信号各自的相位旋转 $+\pi/4$ 。

在随后的时刻 t2 处，D-FF 205 同步于时钟信号 CLK 地取回相位已被旋转了 $+\pi/4$ 的 I 和 Q 信号，并且将 I 和 Q 信号分别反馈回 SEL 201 和 202。当控制信号 EN 处于“L”电平时，在时刻 t2 处 SEL 201 和 202 选择

并输出已从 D—FF 205 反馈回的 I 和 Q 信号。

已由相位旋转电路 204 将其相位旋转了 $+\pi/4$ 并且从 D—FF 205 反馈回的 I 和 Q 信号各自的幅度是在时刻 t_1 处接收到的原始信号的幅度的 $(2)^{1/2}$ 倍。因此，限幅电平控制单元 102 在从时刻 t_2 到时刻 t_3 的时段中
5 输出下述限幅电平，该限幅电平是在时刻 t_1 处的限幅电平 $RL_1=RL$ 的 $(2)^{1/2}$ 倍，或者说 $RL_2=RL \times (2)^{1/2}$ 。此时，正方形限幅电路 203 以限幅电平 RL_2 对已从 D—FF 205 反馈回的 I 和 Q 信号应用限幅过程。

在从时刻 t_2 到时刻 t_3 的期间中，自系数 A 控制单元 103 输出的系数 A 为 $\{(2)^{1/2}-1\} \times 2^8$ ，自第一反向旋转控制单元 105 输出的控制信号 CTL1 为
10 1（反向旋转），并且自第二反向旋转控制单元 106 输出的控制信号 CTL2 为零（正常旋转）。此时，相位旋转电路 204 使正方形限幅电路 203 已执行了限幅过程的 I 和 Q 信号各自的相位旋转 $-\pi/8$ 。

在随后的时刻 t_3 处，D—FF 205 同步于时钟信号 CLK 地取回相位已被旋转了 $-\pi/8$ 的 I 和 Q 信号。当控制信号 EN 处于“L”电平时，在时刻
15 t_3 处 SEL 201 和 202 选择并输出已从 D—FF 205 反馈回的 I 和 Q 信号。

已由相位旋转电路 204 将其相位旋转了 $-\pi/8$ 并且从 D—FF 205 反馈回的 I 和 Q 信号各自的幅度是在时刻 t_1 处接收到的原始信号的幅度的 $2 \times \{2 - (2)^{1/2}\}^{1/2}$ 倍。因此，限幅电平控制单元 102 在从时刻 t_3 到时刻 t_4 的时段中
20 输出下述限幅电平，该限幅电平是在时刻 t_1 处的限幅电平 $RL_1=RL$ 的 $2 \times \{2 - (2)^{1/2}\}^{1/2}$ 倍，或者说 $RL_3=RL \times 2 \times \{2 - (2)^{1/2}\}^{1/2}$ 。此时，正方形限幅电路 203 以限幅电平 RL_3 对已从 D—FF 205 反馈回的 I 和 Q 信号应用限幅过程。

在从时刻 t_3 到时刻 t_4 的时段中，自系数 A 控制单元 103 输出的系数 A 为 1.0×2^8 ，自第一反向旋转控制单元 105 输出的控制信号 CTL1 为
25 1（反向旋转），并且自第二反向旋转控制单元 106 输出的控制信号 CTL2 为零（正常旋转）。此时，相位旋转电路 204 使正方形限幅电路 203 已执行了限幅过程的 I 和 Q 信号各自的相位旋转 $-\pi/4$ 。

在随后的时刻 t_4 处，D—FF 205 同步于时钟信号 CLK 地取回相位已被旋转了 $-\pi/4$ 的 I 和 Q 信号。当控制信号 EN 处于“L”电平时，在时刻

t4 处 SEL 201 和 202 选择并输出已从 D-FF 205 反馈回的 I 和 Q 信号。

已由相位旋转电路 204 将其相位旋转了 $-\pi/4$ 并且从 D-FF 205 反馈回的 I 和 Q 信号各自的幅度是在时刻 t1 处接收到的原始信号的幅度的 $2 \times (2)^{1/2} \times \{2 - (2)^{1/2}\}^{1/2}$ 倍。因此，限幅电平控制单元 102 在从时刻 t4 到时刻 t5 的时段中输出下述限幅电平，该限幅电平是在时刻 t1 处的限幅电平 $RL1 = RL$ 的 $2 \times (2)^{1/2} \times \{2 - (2)^{1/2}\}^{1/2}$ 倍，或者说 $RL4 = RL \times 2 \times 2^{1/2} \times \{2 - (2)^{1/2}\}^{1/2}$ 。此时，正方形限幅电路 203 以限幅电平 RL4 对已从 D-FF 205 反馈回的 I 和 Q 信号应用限幅过程。

在从时刻 t4 到时刻 t5 的时段中，自系数 A 控制单元 103 输出的系数 A 为 $\{(2)^{1/2} - 1\} \times 2^8$ ，自第一反向旋转控制单元 105 输出的控制信号 CTL1 为零（正常旋转），并且自第二反向旋转控制单元 106 输出的控制信号 CTL2 为 1（反向旋转）。此时，相位旋转电路 204 使正方形限幅电路 203 已执行了限幅过程的 I 和 Q 信号各自的相位旋转 $+\pi/8$ 。

在随后的时刻 t5 处，D-FF 205 同步于时钟信号 CLK 地取回相位已被旋转了 $+\pi/8$ 的 I 和 Q 信号。如上所述，由于在时刻 t4 处的限幅过程和相位旋转过程，I 和 Q 信号各自的相位返回到在时刻 t1 处接收到的 I 和 Q 信号各自的相位。然而，由于相位旋转电路 204 的作用，所以 I 和 Q 信号各自的幅度值被增大。因此，幅度缩放电路 206 和幅度减小单元 208 和 209 对 I 和 Q 信号各自的幅度值进行调节，以便补偿由于相位旋转而导致的信号幅度增大。在时刻 t5 处，D-FF 207 同步于控制信号 EN 地取回自幅度减小单元 208 和 209 输出的 I 和 Q 信号。从而，从 D-FF 207 输出图 5 (d) 所示的输出 I 和 Q 信号（图 5 (d) 中的 #1）。

另外，时刻 t5 是接收到下一个接收到的 I 和 Q 信号（图 5 (d) 的 #2）的时刻。在时刻 t5 处，SEL 201 和 202 以与在时刻 t1 处相同的方式响应于控制信号 EN 选择接收到的 I 和 Q 信号。从而，从时刻 t5 起，重复执行与从前述时刻 t1 起执行的过程相同的过程。

图 6 是在二维坐标轴上示出了由根据本示例性实施例的多边形限幅电路 107 执行的多边形限幅过程的图。在图 6 中，标号 α 表示不存在相移的 I 和 Q 信号的幅度值所在的区域。标号 β 表示在 I 和 Q 信号的相位被旋转了

5 电路 107 致使 I 和 Q 信号被由对角线指示的十六边形中的限幅过程所处理。

另一方面，与多边形限幅电路 107 的处理平行地，接收到的 I 和 Q 信号被输入到绝对值计算单元 108。绝对值计算单元 108 计算 I 和 Q 信号各自的绝对值。I/Q 加法器电路 109 将 I 信号的绝对值 $|I|$ 与 Q 信号的绝对值 $|Q|$ 相加，然后将相加的结果输出到比较电路 110。

15 比较电路 110 比较自 I/Q 加法器电路 109 输出的信号 $|I|+|Q|$ 和限幅电平 RL 的大小，然后输出比较结果。AND 电路 112 产生自比较电路 110 输出的比较结果信号和来自控制器 113 的指示是否执行了限幅过程的指令信号 CTL3 的逻辑乘积，然后输出该逻辑乘的结果。响应于自 AND 112 输出的信号，SEL 111 在自多边形限幅电路 107 输出的 I 和 Q 信号和自定时调节单元 101 输出的 I 和 Q 信号之间进行挑选。

20 定时调节单元 101 是配置为缓冲器的电路，用于处理发生在到多边形限幅电路 107 的输入和自多边形限幅电路 107 的输出之间的延迟时间。定时调节电路 101 是这样的电路，其用于对 I 和 Q 信号进行延时，以便使下述定时可以匹配：已通过多边形限幅电路 107 的 I 和 Q 信号被输入到 SEL 111 的定时，和已通过定时调节单元 101 的 I 和 Q 信号被输入到 SEL 111 的定时。另外，AND 112 被提供来用于从外部启动和停止由多边形限幅电路 107 执行的限幅过程。

25 例如，在自控制器 113 接收到的指令信号 CTL3 为零（停止）的情形中，自 AND 112 输出的信号也为零。在这种情形中，SEL 111 选择已从定时调节单元 101 输出的 I 和 Q 信号。另一方面，在指令信号 CTL3 为 1（启动）并且同时来自比较电路 110 的比较结果信号也为 1（ $|I|+|Q|$ 大于限幅电平 RL）的情形中，自 AND 电路 112 输出的信号为 1。在这种情形中，SEL 111 选择已从多边形限幅电路 107 输出的 I 和 Q 信号。另外，在

指令信号 CTL3 为 1 并且同时来自比较电路 110 的比较结果为零 ($|I|+|Q|$ 不大于限幅电平 RL) 的情形中, 自 AND 112 输出的信号也为零。在这种情形中, SEL 111 选择已从定时调节单元 101 输出的 I 和 Q 信号。

结果, 如果接收到的 I 和 Q 信号各自的幅度存在于由 ϵ 表示的区域中, 5 则选择已通过定时调节单元 101 但是尚未被限幅过程处理的 I 和 Q 信号。如果接收到的 I 和 Q 信号各自的幅度存在于超出由 ϵ 表示的区域之外的区域中, 则选择已通过多边形限幅电路 107 的 I 和 Q 信号。确定是否应当基于限幅电平 RL 执行限幅过程的原因在于要避免将限幅过程应用到电平如此低以至于不需要功率控制的 I 和 Q 信号。

10 如上所述, 在本示例性实施例的情形中, 功率限幅电路具有多边形限幅电路 107 以及控制多边形限幅电路 107 的第二反向旋转控制单元 106、第一反向旋转控制单元 105、限幅电平控制单元 102、系数 A 控制单元 103 和系数 B 控制单元 104。另外, 对于 I 和 Q 信号的每个周期, 多边形限幅电路 107 内部的反馈和限幅电平与那些控制单元的控制信号的切换被
15 执行 N/4 次。结果, 使得多边形限幅电路 107 仅包括一个正方形限幅电路和一个相位旋转电路就足够了。因此, 可以实现电路尺寸比传统的功率限幅电路小的多边形限幅电路。此外, 在本示例性实施例的情形中, 限幅电平 RL_x、系数 A 和 B、控制信号 CTL1 和 CTL2 的改变, 以及反馈被执行时的次数的改变, 使得可以在不响应于条件和预期使用来修改电平配置的情况下, 容易地实现从正方形限幅过程到准圆形限幅过程的各种限幅过程。
20

本发明可应用于 W-CDMA 无线电通信系统中的基站中的基带信号单元中。

25 尽管已参考本发明的示例性实施例具体示出并描述了本发明, 但是本领域技术人员应当理解, 在不脱离由所附权利要求限定的本发明的精神和范围的情况下, 可以对形式和细节作出各种改变。上述示例性实施例仅应被理解为描述性的, 而不是要作出限制。因此, 本发明的范围不由对本发明的详细描述限定, 而是由所附权利要求书限定, 并且该范围内的各种差异都应被解释为包括在本发明内。

本申请要求 2005 年 3 月 25 日向日本专利局提交的日本专利申请 No. 089595/2005 的优先权，该申请的公开通过引用整体结合于此。

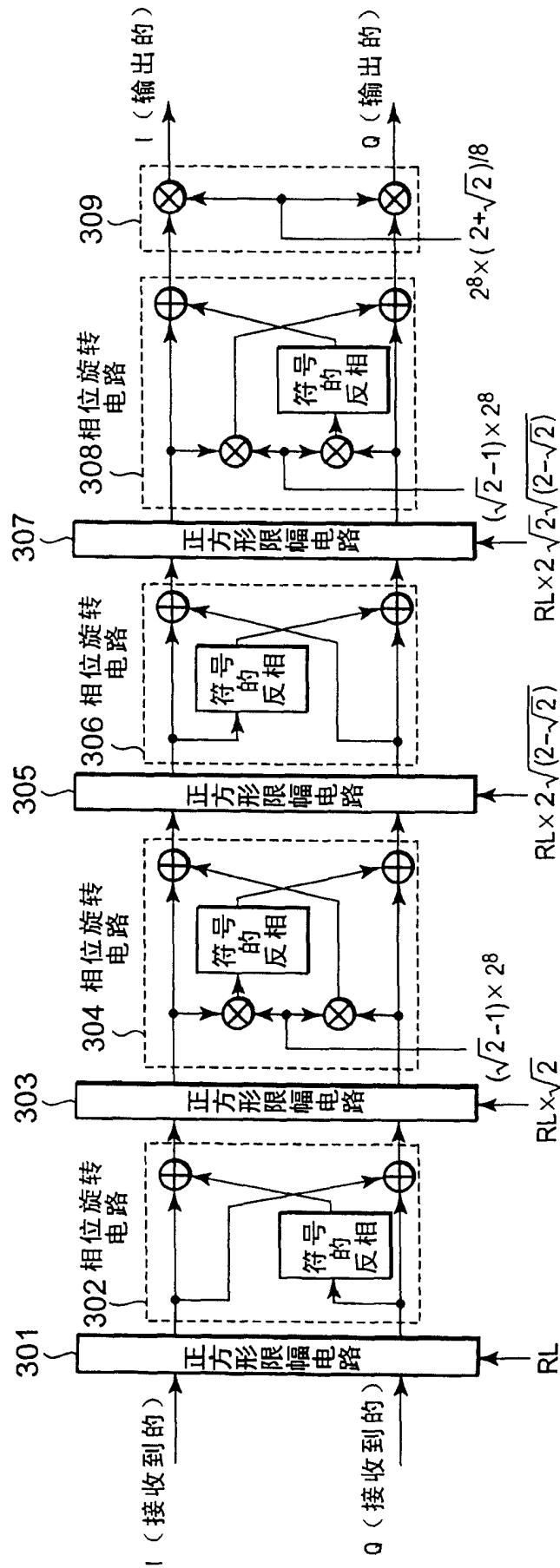


图1

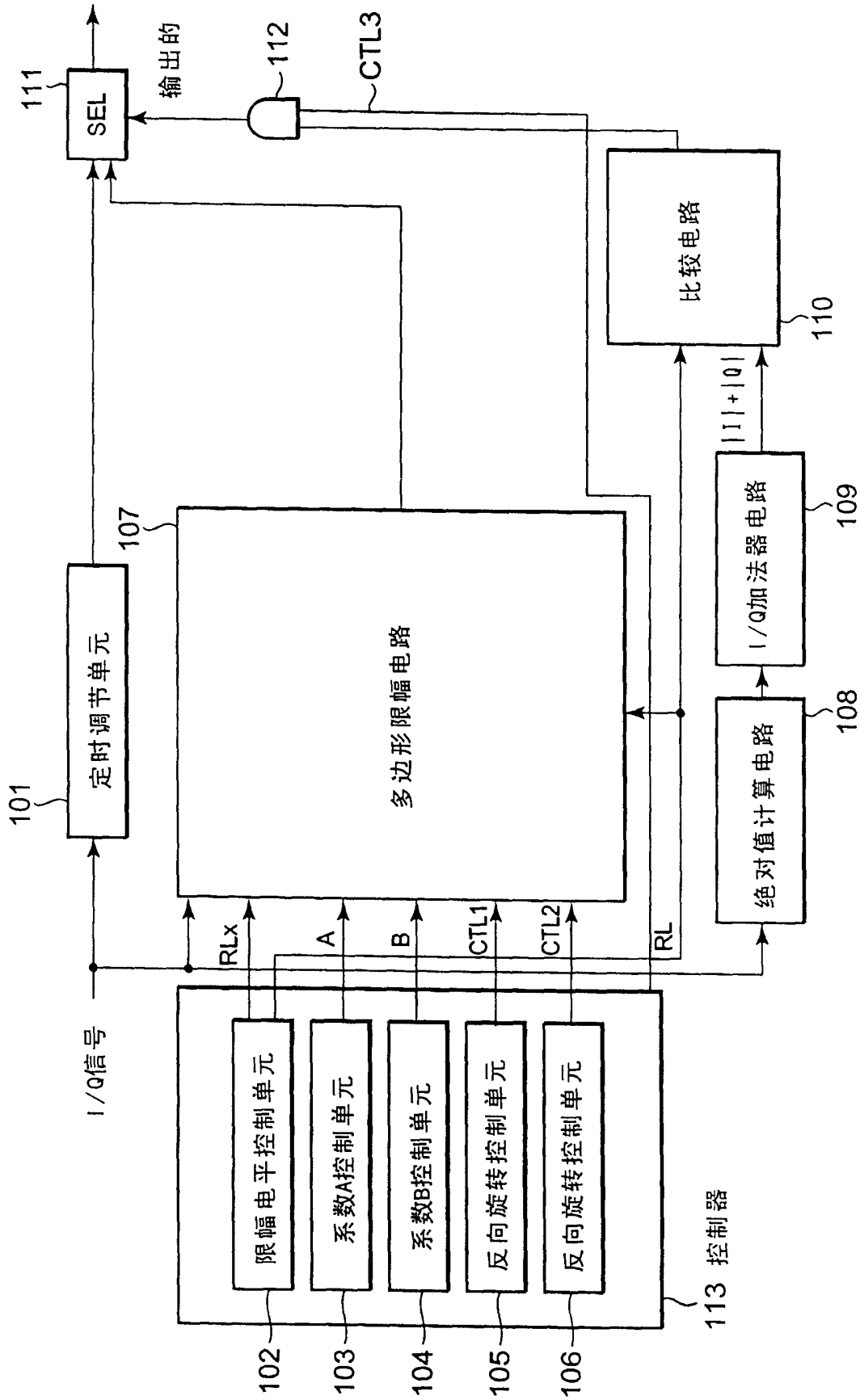


图2

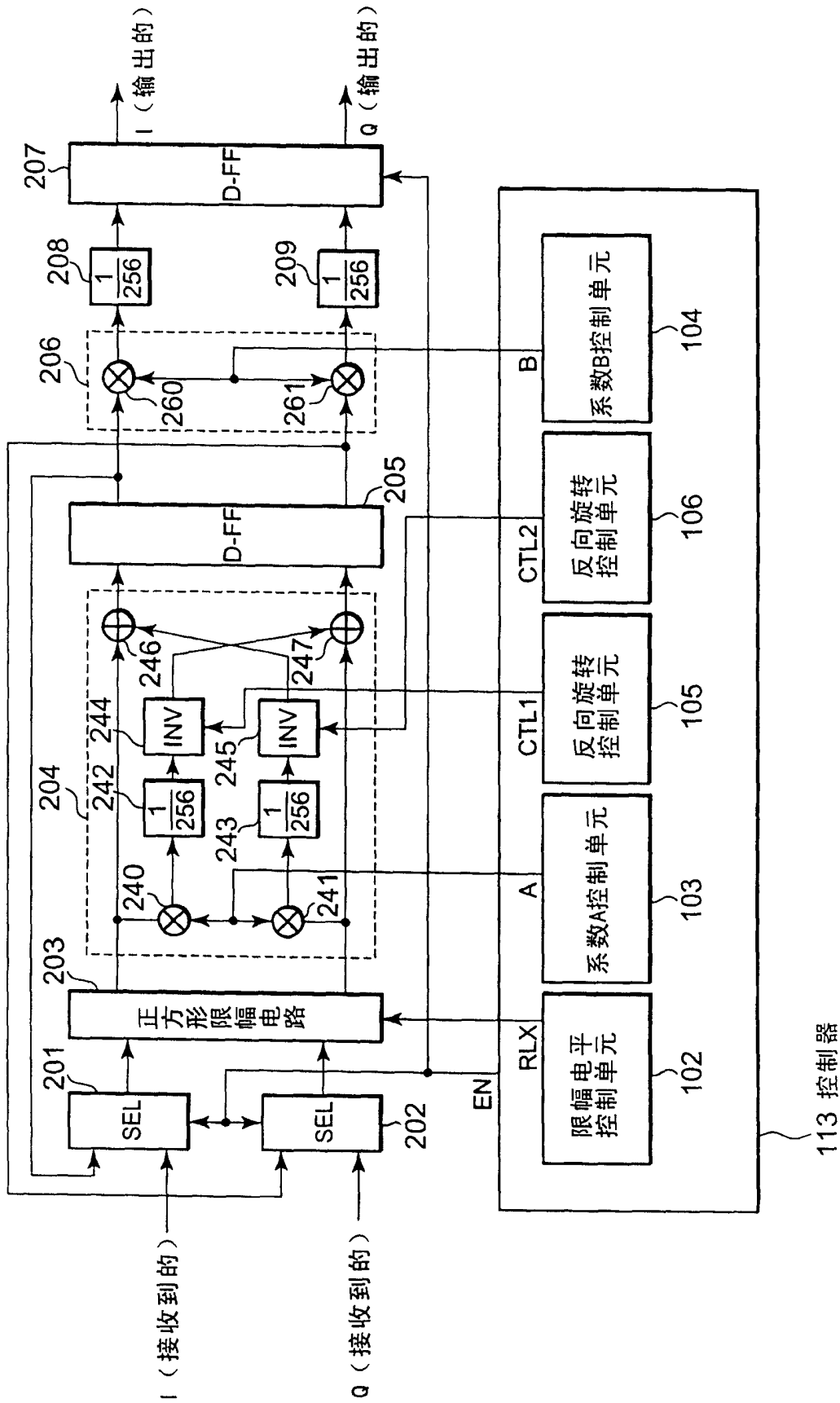


图3

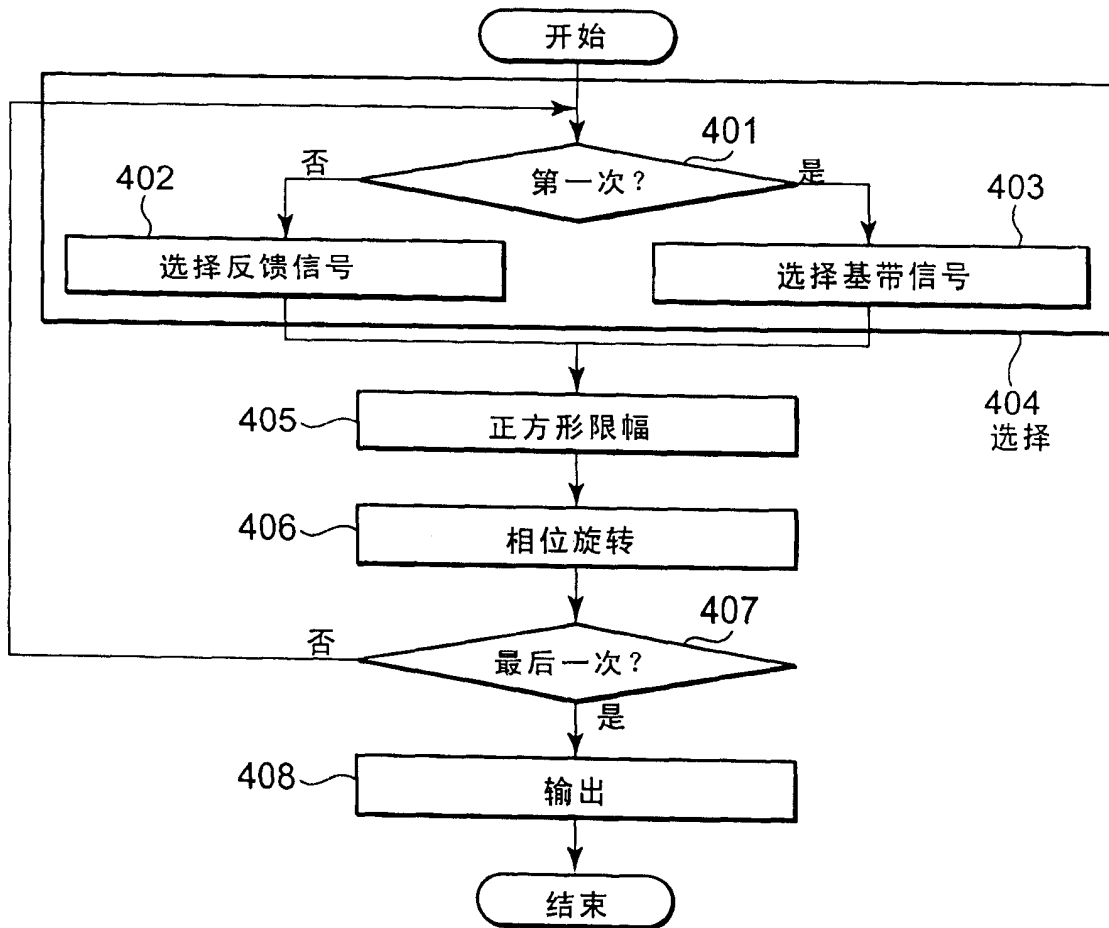


图4

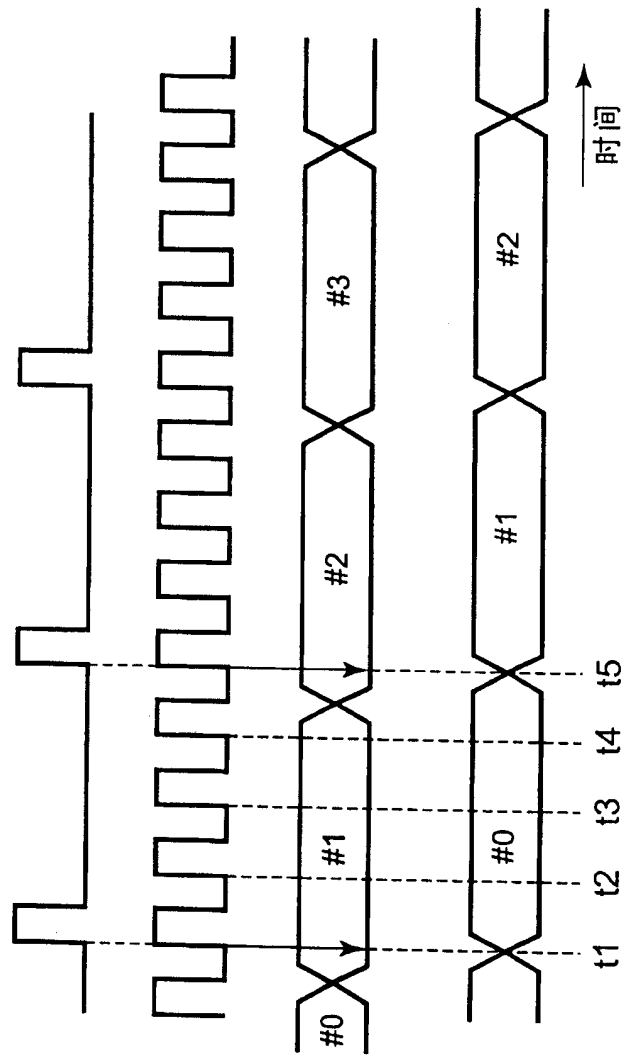


图5 (a) EN

图5 (b) CLK

图5 (c) 接收到的I, Q信号

图5 (d) 输出的I, Q信号

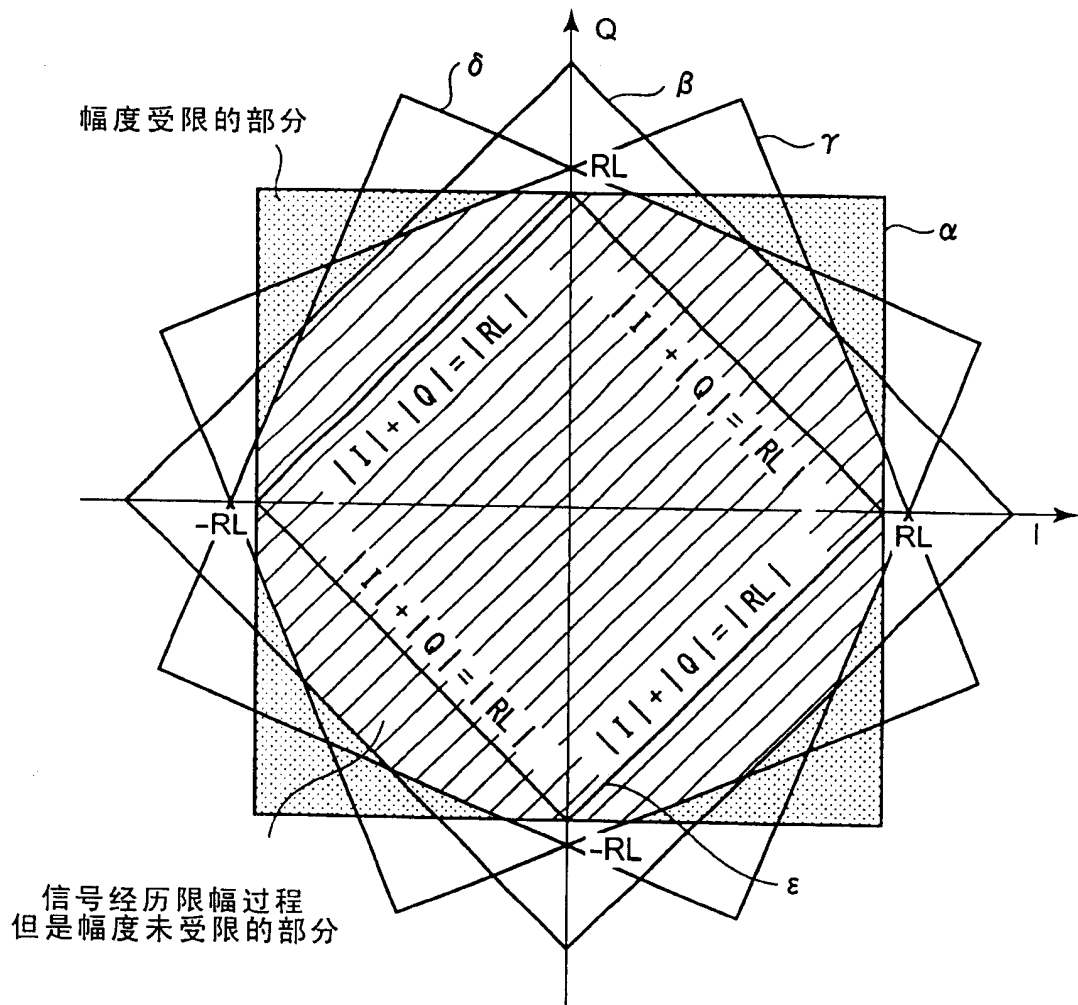


图6