



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103608694 A

(43) 申请公布日 2014. 02. 26

(21) 申请号 201280028744. 3

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

(22) 申请日 2012. 04. 12

代理人 赵蓉民

(30) 优先权数据

13/085, 264 2011. 04. 12 US

(51) Int. Cl.

G01S 13/53(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 12. 11

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/033331 2012. 04. 12

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/142295 EN 2012. 10. 18

(71) 申请人 德克萨斯仪器股份有限公司

地址 美国德克萨斯州

(72) 发明人 S·M·若马斯万迈 V·B·瑞塔拉

B·P·金斯伯格 B·S·哈龙

E·赛奥克

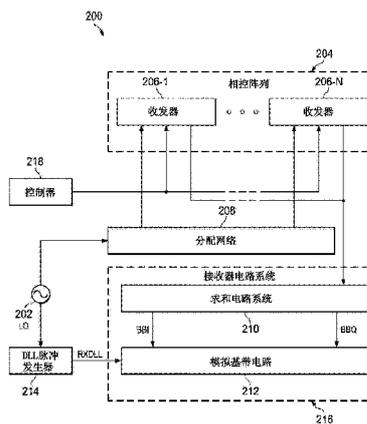
权利要求书3页 说明书7页 附图7页

(54) 发明名称

太赫兹相控阵列系统的模拟基带电路

(57) 摘要

本发明提供一种用于确定目标的位置的方法。在相控阵列系统(200)中,(通常)在连续循环中从相控阵列(204)(其具有若干收发器(206-1至206-N))发射太赫兹辐射的若干发射脉冲。这些发射脉冲一般被配置为被目标反射以便由扫描范围(其包括具有若干采样周期的数字化窗口)内的相控阵列接收。然后,对每个收发器(206-1至206-N)的输出信号进行组合以产生每个循环的组合信号。对发射脉冲的数字化窗口内的每个采样周期中的组合信号求平均以产生数字化窗口内的每个采样周期的平均信号。然后将这些平均信号数字化。



1. 一种方法,其包括:

从具有多个收发器的相控阵列中生成太赫兹辐射的多个发射脉冲,其中每个发射脉冲被配置为被目标反射以便由所述相控阵列在扫描范围内接收,并且其中所述扫描范围包括具有多个采样周期的数字化窗口;

对每个所述收发器的输出信号进行组合以生成每个发射脉冲的组合信号;

针对所述多个发射脉冲,对数字化窗口内的每个采样周期中的所述组合信号求平均以产生所述数字化窗口内的每个采样周期的平均信号;以及

将所述数字化窗口内的每个采样周期的所述平均信号数字化。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述数字化窗口还包含多个采样时刻,并且其中求平均的步骤还包括:

在每个采样时刻启用多个开关中的至少一个;以及

对与所启用的开关相关联的电容器进行充电。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中所述数字化窗口还包含来自多个数字化窗口的第一数字化窗口,并且其中所述方法还包括:

针对所述第一数字化窗口执行生成、组合、求平均和数字化的步骤;

基于所述目标是否存在来确定是否继续扫描;以及

如果所述目标不存在,则重复执行的步骤。

4. 根据权利要求2所述的方法,其中所述数字化窗口还包含来自多个数字化窗口的第一数字化窗口,并且其中所述方法还包括针对所述多个数字化窗口中的每个数字化窗口执行生成、组合、求平均和数字化的步骤。

5. 一种装置,其包含:

本地振荡器,其生成本地振荡器信号和脉冲信号;

多个收发器,其中每个收发器从所述本地振荡器接收所述本地振荡器信号和所述脉冲信号,并且其中每个收发器为多个发射循环中的每个发射循环提供输出信号;以及

接收器电路系统,其根据所述收发器的每个输出信号生成组合信号,并且其包含模拟基带电路,其中所述模拟基带电路对数字化窗口内的多个采样周期中的所述组合信号求平均,从而生成多个平均信号并将所述多个平均信号转化为数字信号。

6. 根据权利要求5所述的装置,其中所述数字化窗口还包括多个采样时刻,并且其中所述模拟基带电路还包含:

用于在每个采样时刻启用多个开关中的至少一个的装置;以及

用于对与所启用的开关相关联的电容器进行充电的装置。

7. 根据权利要求6所述的装置,其中所述数字化窗口还包括来自多个数字化窗口的第一数字化窗口,并且其中所述方法还包括:

用于针对所述第一数字化窗口执行生成、组合、求平均和数字化的步骤的装置;

用于基于所述目标是否存在来确定是否继续扫描的装置;以及

用于在所述目标不存在的情况下重复执行的步骤的装置。

8. 一种装置,其包含:

本地振荡器,其生成本地振荡器信号和脉冲信号;

分配网络,其耦合到所述本地振荡器;

多个收发器,其中每个收发器均耦合到所述分配网络,以便接收所述本地振荡器信号和所述脉冲信号;以及

接收器电路系统,其具有:

求和电路,其耦合到每个收发器;以及

模拟基带电路,其耦合到所述求和电路,其中所述模拟基带电路对数字化窗口内的多个采样周期中的所述组合信号求平均,从而生成多个平均信号并将所述多个平均信号转化为数字信号。

9. 根据权利要求 8 所述的装置,其中所述模拟基带电路还包括:

时钟电路;

耦合到所述求和电路的低噪声放大器即 LNA;

耦合到所述 LNA 和所述时钟电路的平均器;

耦合到所述 LNA 和所述时钟电路的模数转换器即 ADC;以及

耦合到所述 ADC 的输出电路。

10. 根据权利要求 9 所述的装置,其中所述基带电路还包括耦合在所述平均器和所述 LNA 之间的放大器。

11. 根据权利要求 9 所述的装置,其中所述平均器还包括多个开关电容器组,每个开关电容器组均耦合到所述 LNA 并包括多个支路:

耦合到所述 LNA 并由所述时钟电路控制的第一开关;

耦合到所述第一开关的电容器;以及

耦合到所述第一开关和所述电容器并由所述时钟电路控制的第二开关。

12. 根据权利要求 11 所述的装置,其中所述时钟电路还包括:

具有多个抽头的延迟锁相环即 DLL,其中每个抽头被耦合以便控制至少一个所述组中的至少一个所述支路中的所述第一开关;以及

耦合到所述 ADC 和每个所述组的每个所述支路中的每个第二开关的时钟发生器。

13. 根据权利要求 8 所述的装置,其中所述模拟基带电路还包括同相信道和正交信道。

14. 根据权利要求 13 所述的装置,其中所述同相信道和所述正交信道中的每个信道还包括:

时钟电路;

耦合到所述求和电路的 LNA;

耦合到所述 LNA 和所述时钟电路的平均器;

耦合到所述 LNA 和所述时钟电路的 ADC;以及

耦合到所述 ADC 的输出电路。

15. 根据权利要求 14 所述的装置,其中所述同相信道和所述正交信道中的每个信道还包括耦合在所述平均器和所述 LNA 之间的放大器。

16. 根据权利要求 14 所述的装置,其中每个平均器还包括多个开关电容器组,每个开关电容器组均耦合到所述 LNA 并包括多个支路:

耦合到所述 LNA 并由所述时钟电路控制的第一开关;

耦合到所述第一开关的电容器;以及

耦合到所述第一开关和所述电容器并由所述时钟电路控制的第二开关。

17. 根据权利要求 16 所述的装置,其中所述时钟电路还包括:

具有多个抽头的延迟锁相环即 DLL,其中每个抽头被耦合以便控制至少一个所述组中的至少一个所述支路中的所述第一开关;以及

耦合到所述 ADC 和每个所述组的每个所述支路中的每个第二开关的时钟发生器。

## 太赫兹相控阵列系统的模拟基带电路

### 技术领域

[0001] 本发明总体涉及相控阵列,并且特别涉及“片上”太赫兹相控阵列系统。

### 背景技术

[0002] 相控阵列系统已经变得常见,其具有几种用途。相控阵列系统的最常见用途是雷达系统(例如脉冲雷达和多普勒频移雷达)。事实上,相控阵列雷达已经取代了大部分的前几代机械扫描雷达系统,因为机械组件被电子器件所代替使得磨损造成的失效的可能性更低,并且因为扫描速率要高得多。

[0003] 图1是描述常规相控阵列系统100的基本功能的框图。系统100通常包含信号发生器102、移相器104-1至104-K、包含辐射器106-1至106-K的相控阵列110以及方向控制器108。在操作中,信号发生器102提供将要发射的信号(例如脉冲雷达的脉冲)。基于期望的方向,方向控制器108将控制信号提供给移相器104-1至104-K,移相器104-1至104-K改变提供给相控阵列内的每个辐射器106-1至106-K的信号的相位。由于通过辐射器106-1至106-K发射的信号通常彼此异相,因此辐射信号的相长干涉和相消干涉在期望的方向上形成波束。

[0004] 然而,这些常规系统受限于常规射频(RF)频率范围。例如,常规雷达的频率范围在3MHz(针对HF频段雷达)和110GHz(针对W频段雷达)之间。使用这些相对低频率范围的原因在于在太赫兹频率范围(其通常在0.1THz和10THz之间)中相干辐射的致密半导体源在历史上是不可用的。通常,随着频率的增加,微波范围内的电子器件和振荡器用尽了功率增益,并且典型的宽带红外黑体源在该范围内开始失去可用功率。然而,由于太赫兹辐射的独特属性,其用途得到高度期望。即,太赫兹辐射具有较低频率辐射(例如微波)和较高频率辐射(例如可见光)的属性,前者是因为太赫兹辐射可以以电学方式生成,后者是因为能够利用光学对其进行控制。

[0005] 目前,存在两种通用类型的太赫兹源:非相干源和相干源。非相干源通常是宽带非相干热源,其包括超短飞秒脉冲激光激发光导天线、非线性电光晶体或非线性传输线,其受困于非常差的转换效率(1W激光脉冲产生在nW-mW范围内的宽带能量)。相干源通常是窄带连续波(CW)相干源,其包括二极管倍增微波振荡器、利用二氧化碳激光器泵浦甲醇或氰酸的气体激光器、不同混频的光学向下变频以及半导体量子激光发射。然而,这些相干源通常消耗大量功率、不是致密的、需要特殊材料和/或是昂贵的。

[0006] 因此,存在对太赫兹辐射的致密源的需求,即将其集成到集成电路中。

[0007] 常规电路的一些示例包括:Williams,“Filling the THz Gap”, doi:10.1088/0034-4885/69/2/R01;Heydari等,“Low-Power mm-Wave Components up to 104GHz in 90nm CMOS”, ISSCC2007, pp. 200-201, February 2007, San Francisco, CA; LaRocca等,“Millimeter-Wave CMOS Digital Controlled Artificial Dielectric Differential Mode Transmission Lines for Reconfigurable ICs”, IEEE MTT-S IMS, 2008; Scheir等,“A 52GHz Phased-Array Receiver Front-End in 90nm Digital

CMOS” JSSC Dec. 2008, pp. 2651-2659 ;Straayer 等,“A Multi-Path Gated Ring Oscillator TDC With First-Order Noise Shaping”, IEEE J. of Solid State Circuits, Vol. 44, No. 4, April 2009, pp. 1089-1098 ;Huang, “Injection-Locked Oscillators with High-Order-Division Operation for Microwave/Millimeter-wave Signal Generation”, Dissertation, October 9, 2007 ;Cohen 等,“A bidirectional TX/RX four element phased-array at 60GHz with RF-IF conversion block in 90nm CMOS processes”, 2009 IEEE Radio Freq. Integrated Circuits Symposium, pp. 207-210 ;Koh 等,“A Millimeter-Wave (40-65GHz) 16-Element Phased-Array Transmitter in 0.18- $\mu$ m SiGe BiCMOS Technology”, IEEE J. of Solid State Circuits, Vol. 44, No. 5, May 2009, pp. 1498-1509 ;York 等,“Injection-and Phase-locking Techniques for Beam Control”, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 46, No. 11, Nov. 1998, pp. 1920-1929 ;Buckwalter 等,“An Integrated Subharmonic Coupled-Oscillator Scheme for a 60-GHz Phased Array Transmitter”, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 54, No. 12, Dec. 2006, pp. 4271-4280 ; 以及 PCT 公开 No. WO2009028718。

### 发明内容

[0008] 因此,本发明的示例性实施例提供一种方法。该方法包括:从具有多个收发器的相控阵列中生成太赫兹辐射的多个发射脉冲,其中每个发射脉冲被配置为被目标反射以便由相控阵列在扫描范围内接收,并且其中该扫描范围包括具有多个采样周期的数字化窗口;对每个收发器的输出信号进行组合以生成每个发射脉冲的组合信号;针对多个发射脉冲,对数字化窗口内的每个采样周期中的组合信号求平均以产生数字化窗口内的每个采样周期的平均信号;以及将数字化窗口内的每个采样周期的平均信号数字化。

[0009] 根据本发明的另一示例性实施例,数字化窗口还包含多个采样时刻,并且其中求平均的步骤还包括:在每个采样时刻启用多个开关中的至少一个;以及对与所启用的开关相关联的电容器进行充电。

[0010] 根据本发明的另一示例性实施例,数字化窗口还包含来自多个数字化窗口的第一数字化窗口,并且其中所述方法还包括:针对第一数字化窗口执行生成、组合、求平均和数字化的步骤;基于目标是否存在来确定是否继续扫描;以及如果目标不存在,则重复执行的步骤。

[0011] 根据本发明的另一示例性实施例,数字化窗口还包含来自多个数字化窗口的第一数字化窗口,并且其中所述方法还包括针对多个数字化窗口中的每个数字化窗口执行生成、组合、求平均和数字化的步骤。

[0012] 根据本发明的另一示例性实施例,提供一种装置。该装置包含:本地振荡器,其生成本地振荡器信号和脉冲信号;多个收发器,其中每个收发器从本地振荡器接收本地振荡器信号和脉冲信号,并且其中每个收发器为多个发射循环中的每个发射循环提供输出信号;以及接收器电路系统,其根据收发器的每个输出信号生成组合信号,并且其包含模拟基带电路,其中模拟基带电路对数字化窗口内的多个采样周期中的组合信号求平均,从而生成多个平均信号并将多个平均信号转化为数字信号。

[0013] 根据本发明的另一示例性实施例,数字化窗口还包括多个采样时刻,并且其中模拟基带电路还包含:用于在每个采样时刻启用多个开关中的至少一个的装置;以及用于对与所启用的开关相关联的电容器进行充电的装置。

[0014] 根据本发明的另一示例性实施例,数字化窗口还包括来自多个数字化窗口的第一数字化窗口,并且其中所述方法还包括:用于针对第一数字化窗口执行生成、组合、求平均和数字化的步骤的装置;用于基于目标是否存在来确定是否继续扫描的装置;以及用于在目标不存在的情况下重复执行的步骤的装置。

[0015] 根据本发明的另一示例性实施例,一种装置包含:本地振荡器,其生成本地振荡器信号和脉冲信号;分配网络,其耦合到本地振荡器;多个收发器,其中每个收发器均耦合到分配网络,以便接收本地振荡器信号和脉冲信号;以及接收器电路系统,其具有:求和电路,其耦合到每个收发器;以及模拟基带电路,其耦合到求和电路,其中模拟基带电路对数字化窗口内的多个采样周期中的组合信号求平均,从而生成多个平均信号并将多个平均信号转化为数字信号。

[0016] 根据本发明的另一示例性实施例,模拟基带电路还包括:时钟电路;耦合到求和电路的低噪声放大器(LNA);耦合到LNA和时钟电路的平均器;耦合到LNA和时钟电路的模数转换器(ADC);以及耦合到ADC的输出电路。

[0017] 根据本发明的另一示例性实施例,基带电路还包括耦合在平均器和LNA之间的放大器。

[0018] 根据本发明的另一示例性实施例,平均器还包括多个开关电容器组,每个开关电容器组均耦合到LNA并包括多个支路:耦合到LNA并由时钟电路控制的第一开关;耦合到第一开关的电容器;以及耦合到第一开关和电容器并由时钟电路控制的第二开关。

[0019] 根据本发明的另一示例性实施例,时钟电路还包括:具有多个抽头的延迟锁相环(DLL),其中每个抽头被耦合以便控制至少一个组中的至少一个支路中的第一开关;以及耦合到ADC和每个组的每个支路中的每个第二开关的时钟发生器。

[0020] 根据本发明的另一示例性实施例,模拟基带电路还包括同相信道和正交信道。

[0021] 根据本发明的另一示例性实施例,同相信道和正交信道中的每个信道还包括:时钟电路;耦合到求和电路的LNA;耦合到LNA和时钟电路的平均器;耦合到LNA和时钟电路的ADC;以及耦合到ADC的输出电路。

[0022] 根据本发明的另一示例性实施例,同相信道和正交信道中的每个信道还包括耦合在平均器和LNA之间的放大器。

[0023] 根据本发明的另一示例性实施例,每个平均器还包括多个开关电容器组,每个开关电容器组均耦合到LNA并包括多个支路:耦合到LNA并由时钟电路控制的第一开关;耦合到第一开关的电容器;以及耦合到第一开关和电容器并由时钟电路控制的第二开关。

[0024] 根据本发明的另一示例性实施例,时钟电路还包括:具有多个抽头的延迟锁相环(DLL),其中每个抽头被耦合以便控制至少一个组中的至少一个支路中的第一开关;以及耦合到ADC和每个组的每个支路中的每个第二开关的时钟发生器。

## 附图说明

[0025] 参照附图对示例性实施例进行描述,其中:

- [0026] 图 1 是常规相控阵列系统的示例的图示；  
 [0027] 图 2 是根据本发明的示例性实施例的相控阵列系统的示例的图示；  
 [0028] 图 3 是图 2 的模拟基带电路的示例的图示；  
 [0029] 图 4 是图 3 的平均器的示例的图示；  
 [0030] 图 5 是图 4 的开关电容器组的示例的图示；以及  
 [0031] 图 6 和图 7 是说明图 2 的系统的操作的图示。

### 具体实施方式

[0032] 图 2 示出根据示例性实施例的相控阵列系统 200。相控阵列系统 200 通常包含本地振荡器 (LO) 202、相控阵列 204、分配网络 208、延迟锁相环 (DLL) 脉冲发生器 214、接收器电路系统 216 以及控制器 218。相控阵列 204 通常包括布置成阵列的若干收发器 214-1 至 214-N，每个收发器均包含辐射器 (例如贴片天线、焊线八木天线、封装偶极子或环形天线)。分配网络 208 通常包含缓冲器或放大器。此外，接收器电路系统 216 通常包含求和电路系统 210 和模拟基带电路 216。在题为“Terahertz Phase Array System”的专利申请公开 US2012/0062286A1 中对收发器 206-1 至 206-N 中的每个收发器、本地振荡器 202、分配网络 208 以及求和电路 210 进行了详细描述。

[0033] 在操作中，相控阵列系统 200 (其通常被合并到集成电路或 IC 中) 能够形成在太赫兹频率范围 (其通常在 0.1THz 和 10THz 之间) 中操作的短程雷达系统。为实现该系统，本地振荡器 202 生成大约为数十到数百吉赫兹 (例如 40GHz、50GHz、67GHz 和 100GHz) 的本地振荡器信号，并生成接收时钟信号 RXCLK。然后，分配网络 208 将本地振荡器信号提供给每个收发器 206-1 至 206-N，使得每个收发器 206-1 至 206-N 收到的信号是基本同相的。控制器 218 将控制信号提供给阵列 204，该控制信号使收发器 206-1 至 206-N 相对于彼此进行相位调整，从而引导太赫兹频率辐射的波束。然后，收发器 206-1 至 206-N 能够接收从目标返回的反射辐射，该反射辐射被提供给求和电路系统 210。接下来，模拟基带电路 216 将求和电路系统 210 的输出转化为数字信号，该模拟基带电路 216 从 DLL 脉冲发生器 214 接收其时序。

[0034] 通常，该相控阵列系统 200 具有几种不同类型的操作模式：脉冲操作模式、连续操作模式以及步进频率操作模式。对脉冲操作模式而言，太赫兹辐射的脉冲被引导朝向目标。连续操作模式使用连续生成的波束。最后，步进频率允许改变太赫兹波束的频率，这可以通过采用一组本地振荡器 (即 202) 来完成。特别地，对脉冲操作模式而言，系统 200 的范围由下列公式决定：

$$[0035] \quad (1) \quad R = \sqrt[4]{\sigma \frac{PG^2 \lambda n E(n)}{(4\pi)^3 kTB F \left(\frac{S}{N}\right)}}$$

[0036] 其中 R 是能够被测量的距离或范围； $\sigma$  是目标的雷达横截面 (通常不等于物理横截面)；S/N 是中频 IF 滤波器输出端 (包络检波器输入端) 处的信号脉冲 SNR；kTB 是接收器带宽 B (B  $\approx$  1/ 脉冲宽度) 中的有效引入噪声功率；F 是接收器的噪声系数 (导出参数)；P 是峰值发射器功率；G 是天线功率增益； $\lambda$  是辐射的波长 (例如对于 200GHz 来说  $\approx$  1.5mm)；n

是接收器中脉冲集成的数目(多脉冲求平均);并且  $E(n)$  是集成的效率。

[0037] 对包含系统 200 的单片集成的低功耗 IC 而言,该范围通常小于一米。因此很显然的是,在太赫兹频率范围内,可用功率不足,这导致灵敏度降低,而在其它频率范围内,比太赫兹系统具有更少限制的系统是可用的,当可用带宽大幅增加时,太赫兹范围内的发射和接收通常变得具有吸引力。然而,至少部分由于模数转换器(ADC)的性能需求,发射、接收以及数字化如此大的带宽(例如  $>10\text{GHz}$ )可能是有问题的。

[0038] 然而,这些问题在系统 200 中得到了解决。特别地,系统 200 通常采用太赫兹雷达的增加的脉冲重复频率(PRF),从而减少由于目标移动所造成的相干性损失。通过利用高 PRF,用于接收的总可用时间的一小部分(子集)可以被数字化,并且通过快速地扫描该子集,可能生成完整的接收间隔,由此降低 ADC 上非常高的采样频率的开销。高 PRF 通常也能够确保有可能非常迅速地数字化期望的接收间隔。此外,由于信号功率的缺乏,大部分信号应当包括脉冲接收的基带求平均,在系统 200 中一些求平均是在模拟域执行的,以便将 ADC 和数字化转换率减小到等于 PRF,这是易于管理的任务。

[0039] 图 3 更详细地示出模拟基带电路 216,其执行系统 200 的模拟求平均和数字化。模拟基带电路 216 通常包含同相信道或 I 信道 301、正交信道或 Q 信道 303、时钟电路 305 以及输出电路 314。这些信道 301 和 303 中的每个信道通常且分别包含低噪声放大器(LNA) 302-1 和 302-2、平均器 304-1 和 304-2、放大器 306-1 和 306-2 以及 ADC308-1 和 308-2。时钟电路 305 通常包含时钟发生器 310 (其能够生成 ADC 时钟信号  $\text{ADCCLK}[L]$  和清除信号  $\text{CLR}[L]$ ) 以及 DLL312 (其能够生成采样时钟信号  $\text{SAMPLECLK}[L]$ )。

[0040] 在操作中,根据基带输入信号 BBI 和 BBQ 以及 DLL 时钟信号  $\text{RXDLL}$  生成数字输出信号  $\text{RXDATA}$  和时钟信号  $\text{ADCCLKOUT}$ 。通常,BBI 和 BBQ 是差分信号(如图所示),但是其也可以是单端信号。这些 I 和 Q 基带信号 BBI 和 BBQ (其通常从求和电路系统 210 接收)分别被放大器 302-1 和 302-2 放大。由于对高带宽进行数字化是困难的(如以上所解释),因此可以通过用平均器 304-1 和 304-2 对 LNA302-1 和 302-1 的输出求平均来降低 ADC308-1 和 308-2 的性能需求。

[0041] 平均器 308-1 和 308-2 (其可以在图 4 和图 5 中更详细地看到)通常包含开关电容器组 402-1 至 402-R,每个组具有若干支路 502-1 至 502-J;例如且如图 5 所示,每个组(其被标记为 402)具有 J 个支路。与基带信号 BBQ 和 BBI 一样,支路 502-1 至 502-J 被安排来接收差分信号,但是支路 502-1 至 502-J 也可以被安排来接收单端信号。这些支路 502-1 至 502-J 通常且分别包括采样开关  $S1-1$  至  $S1-J$  和  $S5-1$  至  $S5-J$ 、电容器  $C1-1$  至  $C1-J$  和  $C2-1$  至  $C2-J$ 、清除开关  $S3-1$  至  $S3-J$  和  $S4-1$  至  $S4-J$  以及输出开关  $S2-1$  至  $S2-J$  和  $S6-1$  至  $S6-J$ 。采样开关  $S1-1$  至  $S1-J$  和  $S5-1$  至  $S5-J$  中的每个开关通常耦合到 DLL314 的抽头,以便分别接收支路采样信号  $\text{SAMPLE1}$  至  $\text{SAMPLEL}$  (其中采样时钟信号  $\text{SAMPLECLK}[L]$  通常包含时钟信号  $\text{SAMPLE1}$  至  $\text{SAMPLEL}$ )。此外,清除信号  $\text{CLR}[L]$  (其通常包括支路清除信号  $\text{CLR1}$  至  $\text{CLRJ}$ ) 可以启用开关  $S3-1$  至  $S3-J$  和  $S4-1$  至  $S4-J$  来对电容器  $C1-1$  至  $C1-J$  和  $C2-1$  至  $C2-J$  放电,而输出开关  $S2-1$  至  $S2-J$  和  $S6-1$  至  $S6-J$  由 ADC 时钟信号  $\text{ADCCLK}[L]$  (其通常包括支路读出信号  $\text{ADCCLK1}$  和  $\text{ADCCLKL}$ ) 启用。

[0042] 图 6 示出模拟基带电路 216 (及系统 200) 的操作的示例。通常,控制器 230 调整每个收发器 206-1 至 206-N (针对该示例) 的相移,以引导从相控阵列 204 发射的太赫兹辐

射的波束。该发射辐射表现为脉冲的形式,该脉冲可以被引导朝向目标,使得(来自目标的)反射辐射可以被收发器 206-1 至 206-N 接收。这些发射脉冲 TXPulse 中的每个脉冲的宽度(例如)可以约为 100ps,其将对应于大约 1.5cm 的距离,并且发射脉冲 TXPulse 彼此之间至少可以以时刻 T0 和 TPR1 (其为脉冲重复间隔)之间的明确范围或持续时间 602 (其允许足够的时间来复位和检测)隔开。例如,该明确范围 602 可以是 9.9ns 或 1.485m,其可以对应于 100MHz 的脉冲发射频率。在该明确范围 602 内,存在位于最小和最大的目标距离之间的扫描范围 604,以及未使用范围 607 和 608。最小目标距离通常由远场条件决定,并且可以例如为大约 3cm,而最大目标距离通常受到目标反射的可用功率和收发器 204-1 至 204-N 的灵敏度的限制(例如其可以为大约 24cm)。扫描范围 604 能够被划分成多个范围单元(为了简洁的目的未在图 6 中示出),每个范围单元具有与发射脉冲 TXPulse 近似相同的宽度(例如 100ps),并且可以将一组(即 4 个)范围单元安排到总宽度(例如)约为 400ps 的数字化窗口 606 中。数字化窗口 606 允许将反射和接收的辐射数字化。此外,扫描范围 604 之后的设置周期 610 可以被用作模拟发射的设置时间。

[0043] 通过移动数字化窗口 606 可以实现整个范围上的全覆盖(如图所示)。然而,可以采用两种扫描样式来提供该全覆盖,即锁步扫描(lock-step scan)和全扫描。在锁步扫描中,扫描在每个范围群组(数字化窗口 606)处停止,收集所有的数据,并且控制环(即在控制器 218 内)基于目标是否存在来确定是否向前移动。在全扫描中,数字化窗口移动经过整个扫描范围 604,并且在多次经过扫描范围 604 之后完成目标检测。

[0044] 图 7 更详细地示出数字化窗口 606 的结构和操作。如上所述,数字化窗口 606 通常包含一组范围单元;在该示例中,窗口 606 中存在四个范围单元 704-1 至 704-4。然后,每个范围单元 704-1 至 704-4 可以被细分为采样时刻(即 706)。同样地,在该示例中,每个范围单元 704-1 至 704-4 中存在四个采样时刻(总共 16 个)。由于每个采样时刻(即 706)通常与一个支路(即 502-1)相关联,因此对于该示例可以假设存在四个收发器(即 206-1 至 206-4)、四个开关电容器组(即 402-1 至 402-4)(每个开关电容器组具有四个支路(即 502-1 至 502-4))、十六个支路采样信号(即 SAMPLE1 至 SAMPLE16)以及十六个转储支路信号(dump branch signal)(即 SAMPLE1 至 SAMPLE16)。此外,例如,采样时刻(即 608)可以彼此分隔开 25ps。

[0045] 在数字化窗口 606 中,执行对基带信号 BBI 和 BBQ 求平均。在数字化窗口 606 内的每个连续采样时刻(即 608)上使支路采样信号 SAMPLE1 至 SAMPLE16 (针对图 7 的示例)有效,以便启用每个支路 402-1 至 402-4 的采样开关 S1-1 至 S1-4 和 S5-1 至 S5-4。在该示例中,使这些支路采样信号 SAMPLE1 至 SAMPLE16 在与每个子范围单元或采样周期(即采样时刻之间的时间,其可以约为 25ps)基本上相同的时期内有效。然后(通常以连续的循环)以发射脉冲 TXPulse 的预定数目(即 16)重复进行该过程,使得在每个重复循环期间,每个支路 402-1 至 402-4 的每个电容器 C1-1 至 C1-4 测量相同的子范围单元或相同的采样周期。这允许每个支路 402-1 至 402-4 的电容器 C1-1 至 C1-4 在预定数目的循环上针对其子范围单元或采样周期对其放大的基带信号(即 BBI 或 BBQ)“求平均”。在完成预定数目的循环后,可以使 ADC 时钟信号 ADCCLK[L] (其通常与采样信号 SAMPLECLK[L] 同步)有效,以便启用每个支路 402-1 至 402-4 的输出开关 S2-1 至 S2-4 以及 S6-1 至 S6-4,从而 ADC308-1 至 308-2 可以读出并数字化来自每个支路 402-1 至 402-4 的每个电容器 C1-1 至 C1-4 的平

均电压。一旦 ADC308-1 至 308-2 读出来自每个支路 402-1 至 402-4 的每个电容器 C1-1 至 C1-4 的平均电压, 则使支路清除信号 CLR1 至 CLR16 有效, 从而启用每个支路 402-1 至 402-4 的清除开关 S3-1 至 S3-4 以及 S4-1 至 S4-4 来对每个支路 402-1 至 402-4 的电容器 C1-1 至 C1-4 以及 C2-1 至 C2-4 放电。

[0046] 本领域技术人员将理解, 在本发明的范围内可以对所描述的示例进行修改, 并且许多其它实施例是可能的。

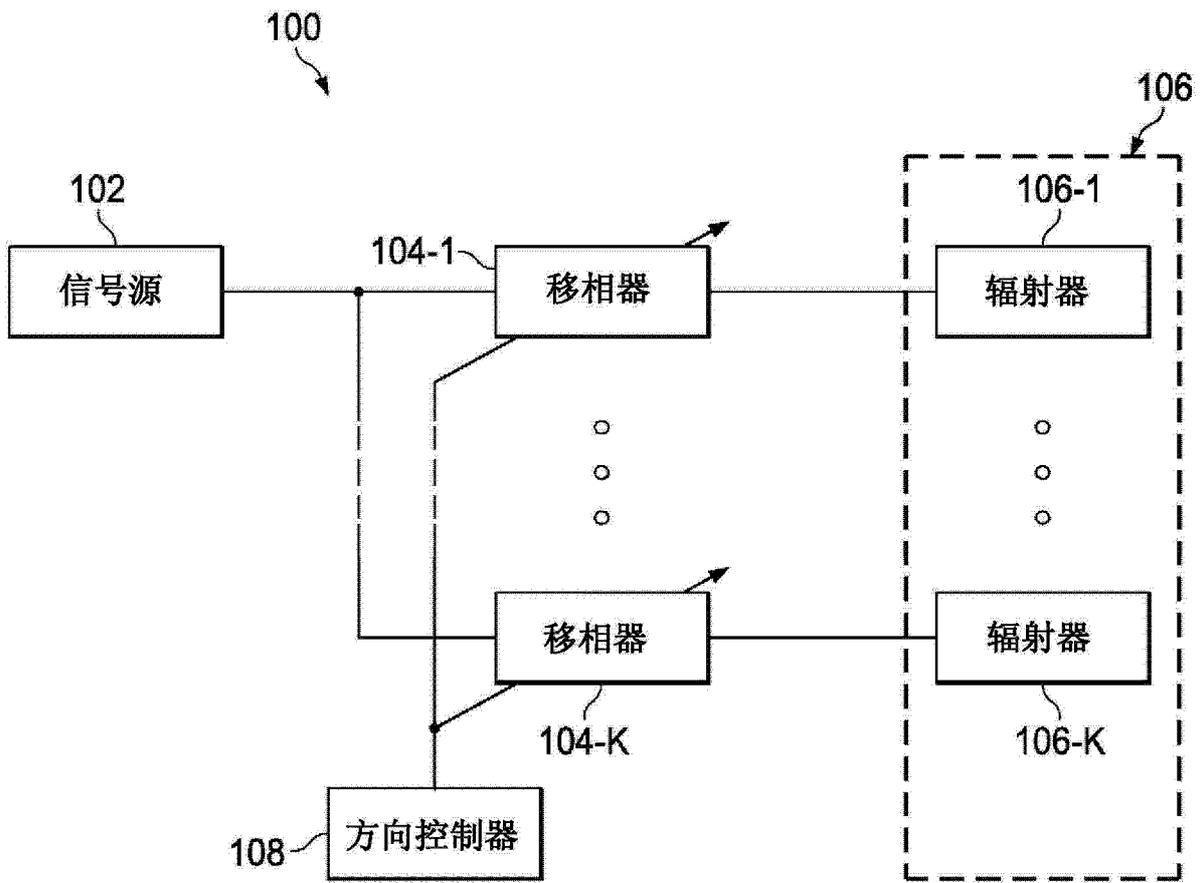


图 1 (现有技术)

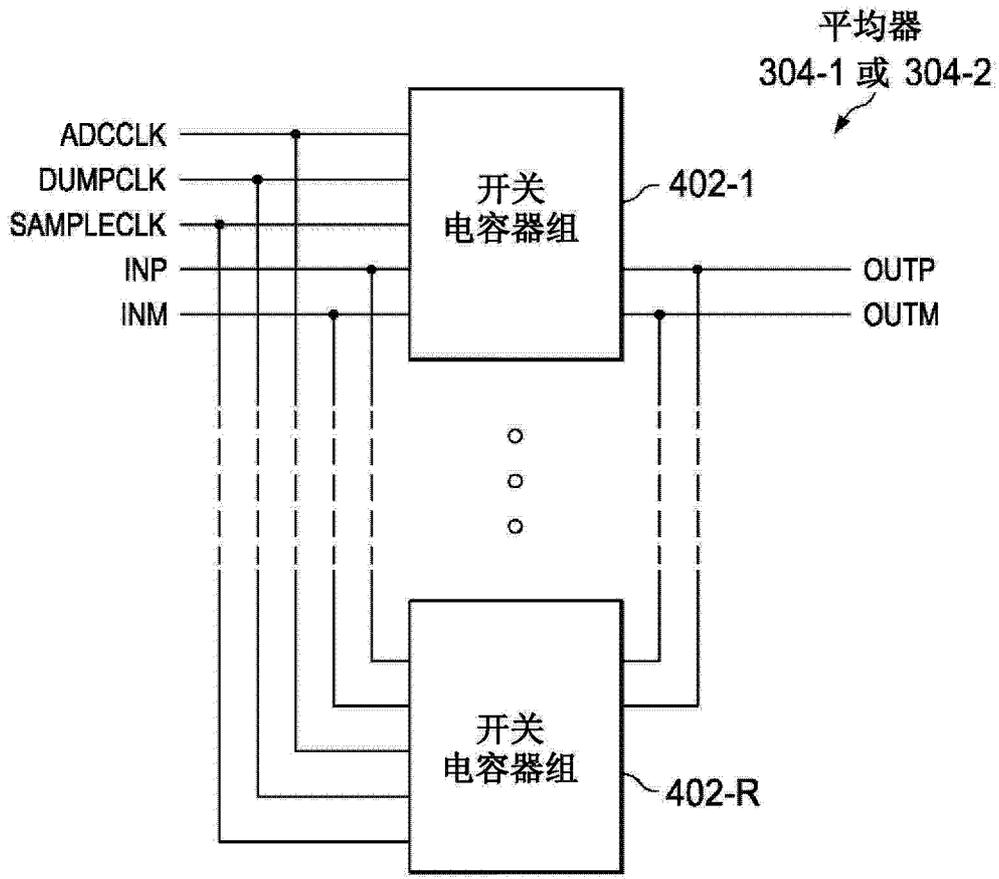


图 4

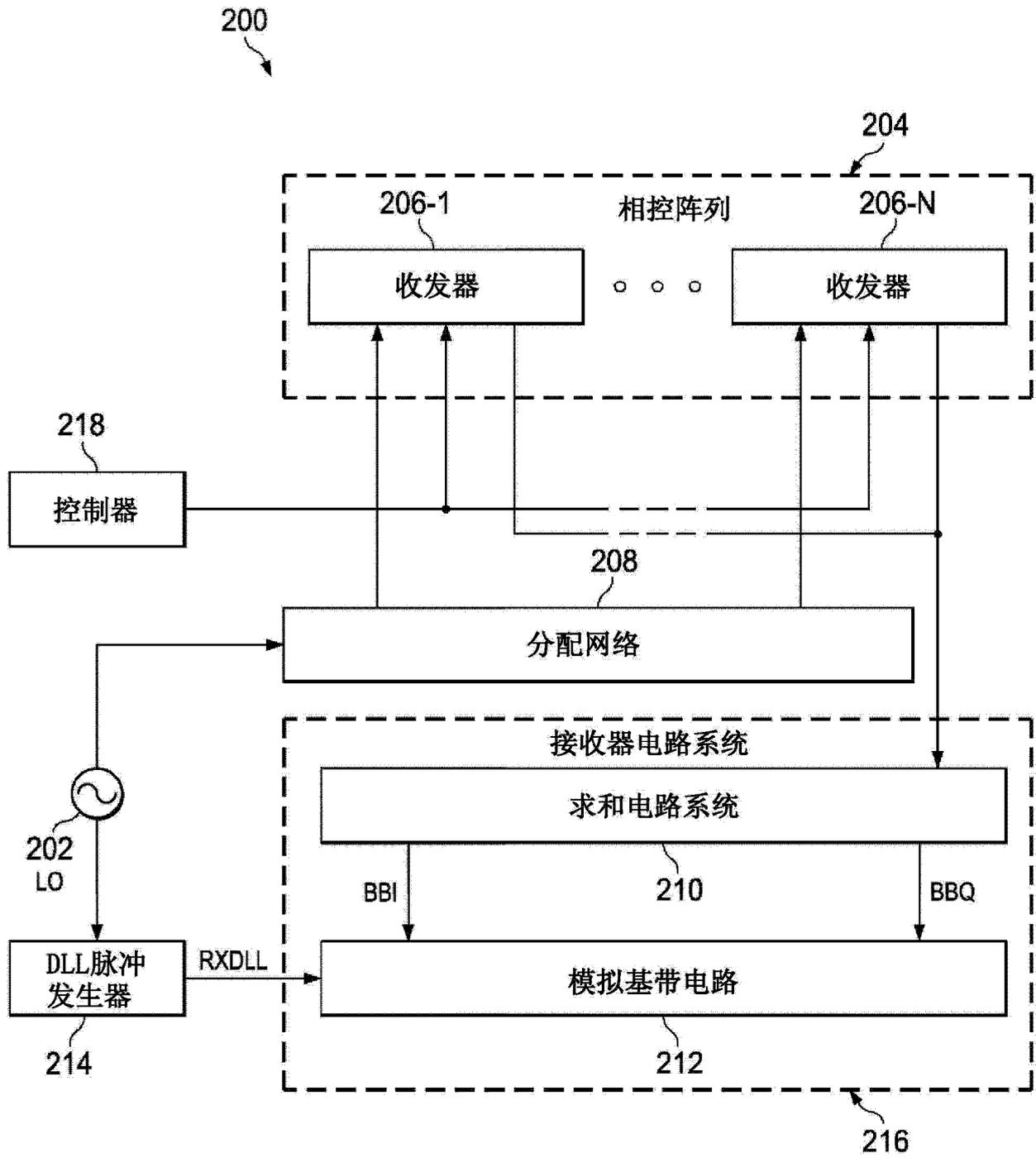


图 2

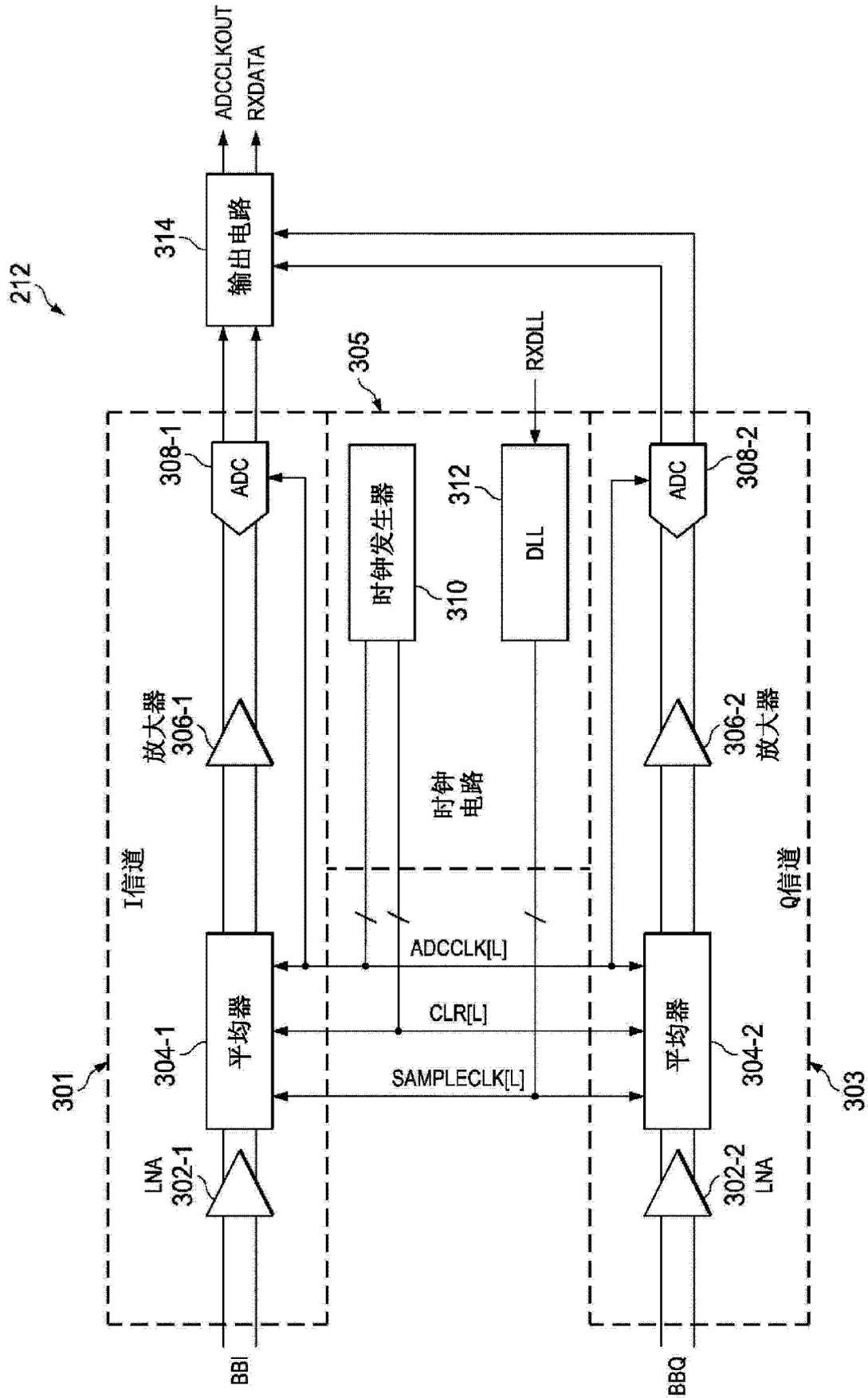


图 3

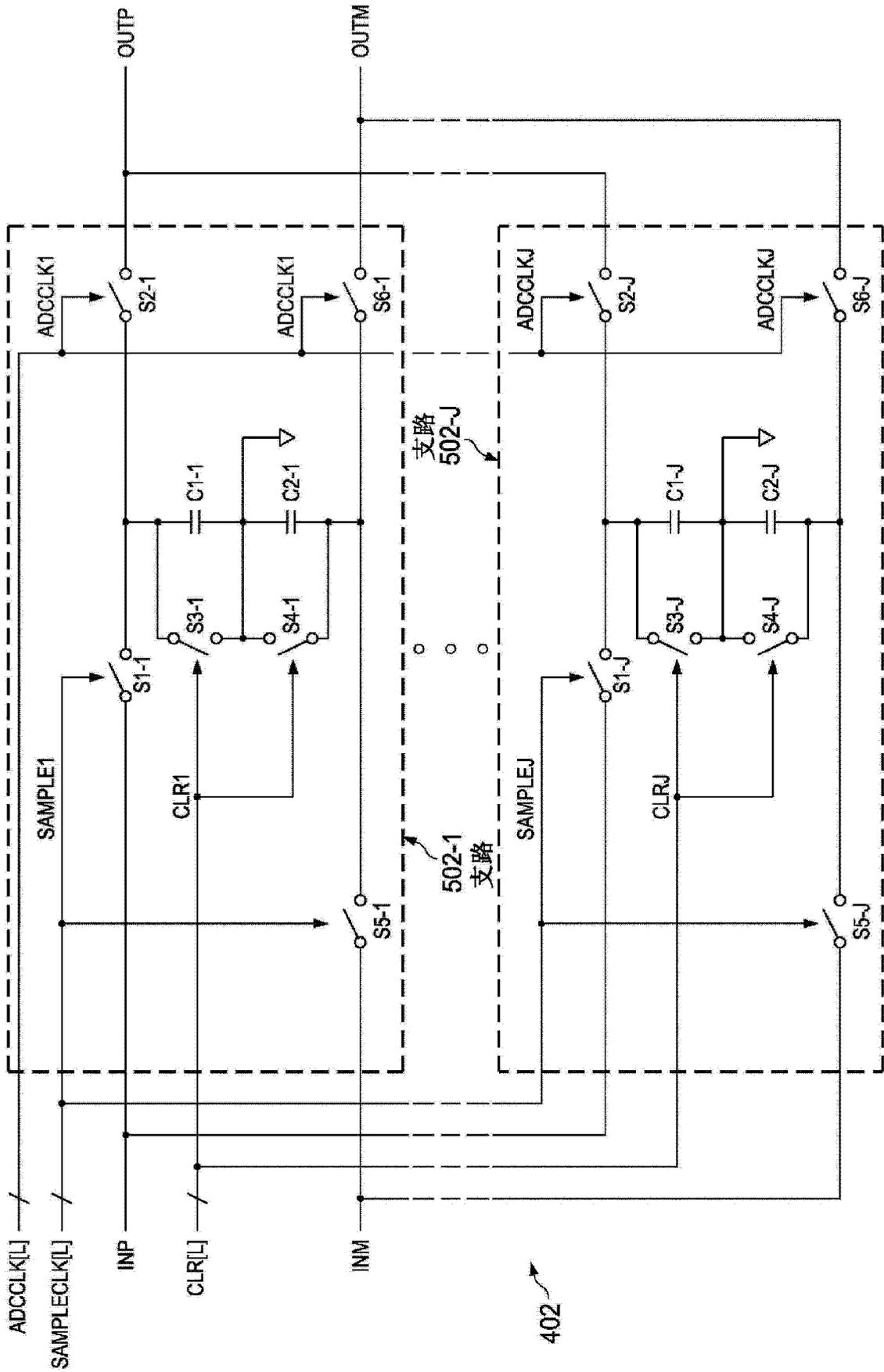


图 5



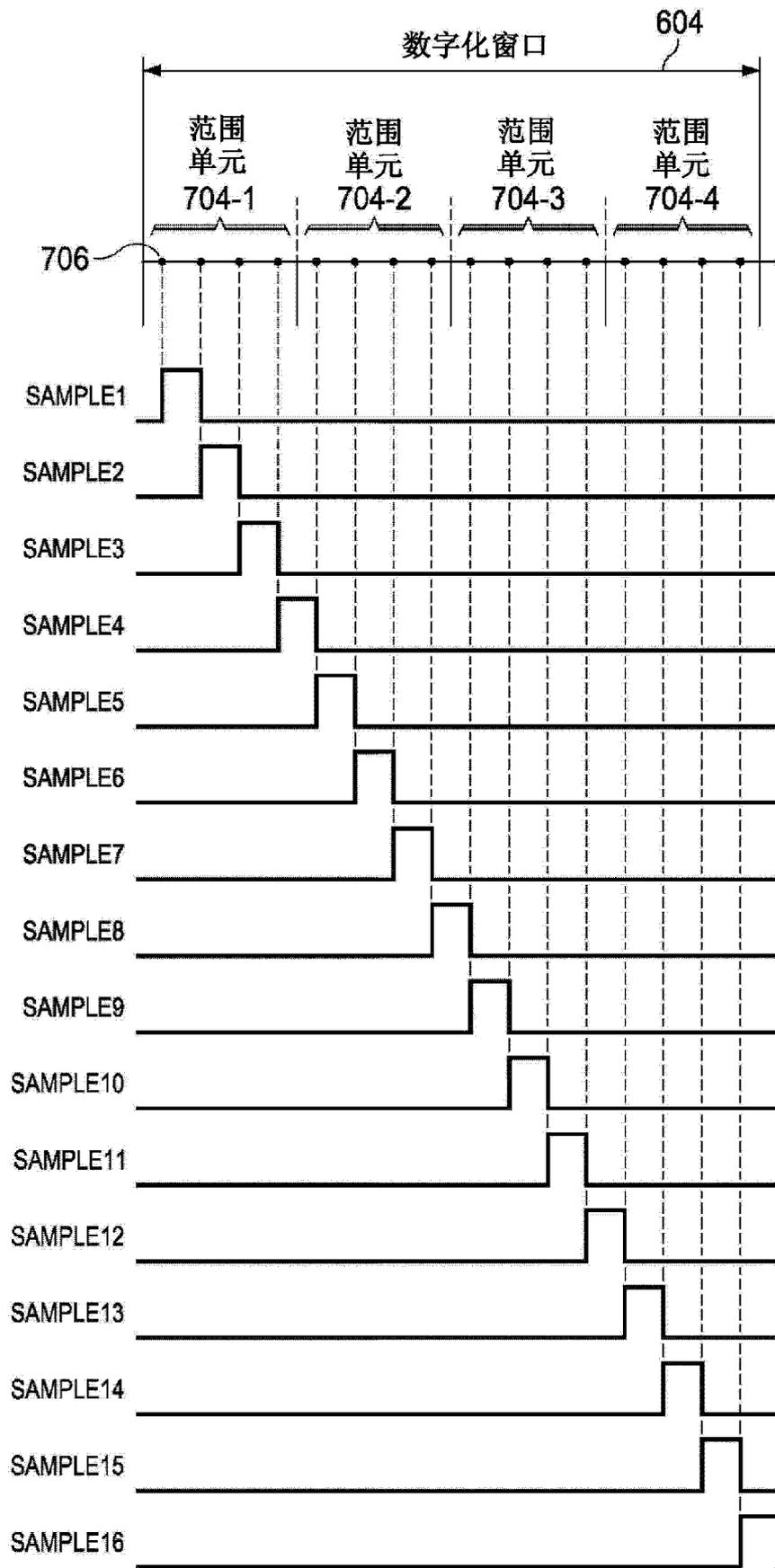


图 7