



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107710011 B

(45) 授权公告日 2021.11.05

(21) 申请号 201680038621.6

(22) 申请日 2016.05.05

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107710011 A

(43) 申请公布日 2018.02.16

(30) 优先权数据  
14/704,868 2015.05.05 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2017.12.29

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2016/031037 2016.05.05

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02016/179421 EN 2016.11.10

(73) 专利权人 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 Y·B·C·库玛 S·康纳  
V·伦塔拉

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245  
代理人 赵志刚 赵蓉民

(51) Int.CI.  
G01S 13/34 (2006.01)

(56) 对比文件  
US 2006262004 A1, 2006.11.23  
US 5008845 A, 1991.04.16  
CN 102901954 A, 2013.01.30  
审查员 白俊龙

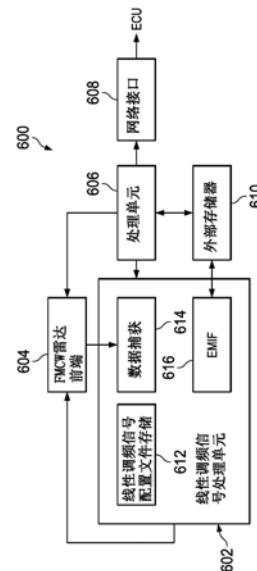
权利要求书3页 说明书7页 附图10页

(54) 发明名称

在FMCW雷达系统中线性调频信号的动态编程

(57) 摘要

在所描述的示例中,调频连续波(FMCW)雷达系统(600)包括:线性调频信号配置文件存储元件(612),其被配置成存储线性调频信号的帧的每个线性调频信号的线性调频信号配置文件;和定时引擎(604),其耦合至线性调频信号配置文件存储元件(612),以在线性调频信号的帧的发送期间按发送顺序接收每个线性调频信号配置文件。定时引擎(604)使用每个线性调频信号配置文件以配置相应的线性调频信号。



1. 一种调频连续波雷达系统即FMCW雷达系统,其包含:

线性调频信号配置文件存储元件,其被配置成存储线性调频信号的帧的每个线性调频信号的线性调频信号配置文件,其中每个线性调频信号配置文件包括相应的一组参数;

多个线性调频信号配置文件缓冲器,其中每个线性调频信号配置文件缓冲器包括多个寄存器;

参数映射元件,其耦合至所述线性调频信号配置文件存储元件并且被配置成将每个线性调频信号配置文件映射到所述多个线性调频信号配置文件缓冲器的相应的寄存器;以及

定时电路,其被配置成在从所述FMCW雷达系统的线性调频信号的所述帧的发送期间按发送顺序接收来自所述多个线性调频信号配置文件缓冲器的每个线性调频信号配置文件,以提供控制信号来产生每个相应的线性调频信号;

其中所述参数映射元件被配置成以某一顺序从所述多个线性调频信号配置文件缓冲器中选择线性调频信号配置文件缓冲器用于映射线性调频信号配置文件的线性调频信号定时参数,该顺序是从包括轮询顺序和可编程顺序的组中选择的。

2. 根据权利要求1所述的FMCW雷达系统,其中每个所述相应的一组参数包括定时参数,所述定时参数与所述定时电路的至少一个定时控制动作相关联。

3. 根据权利要求1所述的FMCW雷达系统,其中所述定时电路包括:

有限状态机,其经耦合以接收所述每个线性调频信号配置文件;以及

计数器,其被配置成按顺序产生来自所述有限状态机的所述每个线性调频信号配置文件的多个定时参数。

4. 根据权利要求1所述的FMCW雷达系统,其中所述参数映射元件被配置成将线性调频信号配置文件中的多个线性调频信号定时参数映射到所述多个线性调频信号配置文件缓冲器中的第一线性调频信号配置文件缓冲器中的寄存器,而所述定时电路正使用所述多个线性调频信号配置文件缓冲器的第二线性调频信号配置文件缓冲器以提供控制信号来产生线性调频信号。

5. 根据权利要求1所述的FMCW雷达系统,其包括:

收发器,其经耦合以接收来自所述定时电路的所述控制信号;以及

频率合成器,其被配置成将用于所述每个相应的线性调频信号的FMCW信号应用到所述收发器。

6. 根据权利要求1所述的FMCW雷达系统,其中每个线性调频信号配置文件包括相应的初始频率和频率斜升斜率。

7. 一种用于在调频连续波雷达系统即FMCW雷达系统中的线性调频信号的帧中编程线性调频信号的方法,所述方法包含:

在所述线性调频信号的帧的发送期间,在所述FMCW雷达系统的定时引擎中按发送顺序接收所述线性调频信号的帧中的每个线性调频信号的线性调频信号配置文件,其中在所述FMCW雷达系统中,从线性调频信号配置文件存储元件接收每个线性调频信号配置文件;

将每个线性调频信号配置文件的一组线性调频信号定时参数映射到从多个线性调频信号配置文件缓冲器中选择的线性调频信号配置文件缓冲器中的相应的寄存器,其中以某一顺序选择所述线性调频信号配置文件缓冲器,该顺序是从包括轮询顺序和可编程顺序的组中选择的;以及

由所述定时引擎使用每个线性调频信号配置文件以产生相应的线性调频信号。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中每一组线性调频信号定时参数与所述定时引擎的至少一个定时控制动作相关联。

9. 根据权利要求7所述的方法,其包括:

通过有限状态机从所述相应的寄存器中选择所述每个线性调频信号配置文件;以及

响应于计数器,按顺序产生来自所述有限状态机的所述每个线性调频信号配置文件的所述定时参数。

10. 根据权利要求7所述的方法,其中接收到的线性调频信号配置文件的线性调频信号定时参数被映射到所述多个线性调频信号配置文件缓冲器的第一线性调频信号配置文件缓冲器中的寄存器,而所述定时引擎正使用所述多个线性调频信号配置文件缓冲器中的第二线性调频信号配置文件缓冲器用于配置线性调频信号。

11. 根据权利要求7所述的方法,将响应于所述每个线性调频信号配置文件的来自所述定时引擎的控制信号应用到收发器以配置所述相应的线性调频信号。

12. 根据权利要求7所述的方法,其中所述每个线性调频信号配置文件包括相应的初始频率和频率斜升斜率。

13. 一种调频连续波雷达系统即FMCW系统,其包含:

雷达收发器,其被配置为发送线性调频信号的帧,其中在所述线性调频信号的帧中的每个线性调频信号基于包括相应的参数的相应的线性调频信号配置文件被产生;

多个线性调频信号配置文件缓冲器,其中每个线性调频信号配置文件缓冲器包括多个寄存器;

参数映射元件,其经耦合以接收每个线性调频信号配置文件并且被配置成将所述每个线性调频信号配置文件中的一组线性调频信号定时参数映射到所述多个线性调频信号配置文件缓冲器中的相应的线性调频信号配置文件缓冲器中的寄存器;以及

处理单元,其被配置成将每个线性调频信号的所述相应的线性调频信号配置文件提供给所述参数映射元件;

其中所述参数映射元件被配置成以某一顺序从所述多个线性调频信号配置文件缓冲器中选择线性调频信号配置文件缓冲器用于映射所述一组线性调频信号定时参数,该顺序是从包括轮询顺序和可编程顺序的组中选择的。

14. 根据权利要求13所述的FMCW雷达系统,其中所述FMCW雷达系统包括线性调频信号配置文件存储元件,其耦合至所述处理单元并被配置成存储所述线性调频信号的帧的所述线性调频信号配置文件。

15. 根据权利要求13所述的FMCW雷达系统,其中所述相应的参数包括定时参数,所述定时参数与相应的线性调频信号的至少一个定时控制动作相关联。

16. 根据权利要求13所述的FMCW雷达系统,其包括:

频率合成器,其被配置成将用于所述每个线性调频信号的FMCW信号应用到所述雷达收发器。

17. 根据权利要求13所述的FMCW雷达系统,其中所述每个线性调频信号配置文件包括相应的初始频率和频率斜升斜率。

18. 一种调频连续波雷达系统即FMCW雷达系统,其包含:

用于在所述线性调频信号的帧的发送期间,在所述FMCW雷达系统的定时引擎中按发送顺序接收所述线性调频信号的帧中的每个线性调频信号的线性调频信号配置文件的装置,其中在所述FMCW雷达系统中,从线性调频信号配置文件存储元件接收每个线性调频信号配置文件;

用于将每个线性调频信号配置文件的一组线性调频信号定时参数映射到从多个线性调频信号配置文件缓冲器中选择的线性调频信号配置文件缓冲器中的相应的寄存器的装置,其中以某一顺序选择所述线性调频信号配置文件缓冲器,该顺序是从包括轮询顺序和可编程顺序的组中选择的;以及

用于由所述定时引擎使用每个线性调频信号配置文件以产生相应的线性调频信号的装置。

19. 根据权利要求18所述的FMCW雷达系统,其中每一组线性调频信号定时参数与所述定时引擎的至少一个定时控制动作相关联。

20. 根据权利要求18所述的FMCW雷达系统,其还包括:

用于通过有限状态机从所述相应的寄存器中选择所述每个线性调频信号配置文件的装置;以及

用于响应于计数器,按顺序产生来自所述有限状态机的所述每个线性调频信号配置文件的所述定时参数的装置。

21. 根据权利要求18所述的FMCW雷达系统,其中接收到的线性调频信号配置文件的线性调频信号定时参数被映射到所述多个线性调频信号配置文件缓冲器的第一线性调频信号配置文件缓冲器中的寄存器,而所述定时引擎正使用所述多个线性调频信号配置文件缓冲器中的第二线性调频信号配置文件缓冲器用于配置线性调频信号。

22. 根据权利要求18所述的FMCW雷达系统,其还包括用于将响应于所述每个线性调频信号配置文件的来自所述定时引擎的控制信号应用到收发器以配置所述相应的线性调频信号的装置。

23. 根据权利要求18所述的FMCW雷达系统,其中所述每个线性调频信号配置文件包括相应的初始频率和频率斜升斜率。

## 在FMCW雷达系统中线性调频信号的动态编程

### 技术领域

[0001] 本申请总体涉及调频连续波(FMCW)雷达系统，并且更具体地，涉及在FMCW雷达系统中动态编程线性调频信号。

### 背景技术

[0002] 调频连续波(FMCW)汽车雷达系统发送和接收参数化的调频信号，其通常被称为线性调频信号(chirp)。汽车雷达系统的典型应用要求雷达系统发送线性调频信号“突发(burst)”或线性调频信号序列(其可以被称为“帧”)，其中，在线性调频信号之间有最小的时间间隔。可编程数字定时引擎配置被发送的线性调频信号。通常地，将被发送的线性调频信号的参数值由软件程序写入至定时引擎中的一组参数寄存器。由于软件延时，用于帧的线性调频信号参数可以是固定的，因此，在帧的开头对线性调频信号参数进行编程，并且定时引擎使用这些参数来配置帧中的每个线性调频信号。

[0003] 一些雷达系统可具有两组参数寄存器。在这样的系统中，软件可编程两组寄存器以预配置两种不同类型的线性调频信号。接着基于计数器的值选择在帧期间发送的线性调频信号序列。例如，基于计数器值是偶数或者奇数，两个预配置的线性调频信号可以以交替方式被发送。

### 发明内容

[0004] 在所描述的用于FMCW雷达系统中线性调频信号的动态编程的方法和装置的示例中，调频连续波(FMCW)雷达系统包括：线性调频信号配置文件(profile)存储元件，其被配置成存储线性调频信号的帧的每个线性调频信号的线性调频信号配置文件；和定时引擎，其耦合至线性调频信号配置文件存储元件，以在线性调频信号的帧的发送期间按发送顺序接收每个线性调频信号配置文件。定时引擎使用每个线性调频信号配置文件以配置相应的线性调频信号。

[0005] 一方面，用于在调频连续波(FMCW)雷达系统中对线性调频信号的帧中的线性调频信号进行编程的方法包括：在线性调频信号的帧的发送期间，在FMCW雷达系统的定时引擎中按发送顺序接收线性调频信号的帧中的每个线性调频信号的线性调频信号配置文件，其中在FMCW雷达系统中从线性调频信号配置文件存储元件接收每个线性调频信号配置文件；并且由定时引擎使用每个线性调频信号配置文件以配置相应的线性调频信号。

[0006] 一方面，调频连续波(FMCW)雷达系统包括：被配置成发送线性调频信号的帧的雷达前端，其中在线性调频信号的帧中的每个线性调频信号基于对应于线性调频信号的线性调频信号配置文件被配置，并且其中在线性调频信号的帧中的每个线性调频信号具有单独相应的线性调频信号配置文件；以及耦合至雷达前端的处理单元，以按发送顺序将每个线性调频信号的线性调频信号配置文件提供给雷达前端。

## 附图说明

- [0007] 图1、图2、图3和图4是说明调频连续波(FMCW)雷达的操作的示例。
- [0008] 图5说明一些示例线性调频信号配置。
- [0009] 图6是一个示例FMCW雷达系统的框图,该FMCW雷达系统被配置成在单个帧中使用多个线性调频信号配置文件。
- [0010] 图7和图8是说明轮询(round robin)线性调频信号配置文件缓冲器管理的示例。
- [0011] 图9是说明被划分为六个时间间隔的线性调频信号定时循环的示例。
- [0012] 图10是一个示例定时引擎的框图,该定时引擎被配置成使用线性调频信号配置文件进行操作。
- [0013] 图11是说明图10的定时引擎的有限状态机的定时控制的示例。
- [0014] 图12是用于在FMCW雷达系统中的线性调频信号的帧中编程线性调频信号的方法的流程图。

## 具体实施方式

- [0015] 为了统一性,各种图中同样的元件用同样的参考数字表示。
- [0016] 图1-图4是说明调频连续波(FMCW)雷达的操作的简单示例。如图1和图2中所说明的,在FMCW雷达系统中,频率斜升(ramp)(也称作线性调频信号)是通过发送天线发送的。例如,FMCW雷达系统可发送4千兆赫兹(GHz)带宽线性调频信号,其从77GHz斜升至81GHz。从雷达的前方的场景反射的复合射频(RF)信号由接收天线接收并被处理以提取场景中的物体的距离、速度和角度(如存在多个接收天线)。
- [0017] 多个顺序的线性调频信号通常在一个单元(称为帧)中发送。如图3所说明,在FMCW雷达系统的雷达前端中的合成器和定时引擎操作以生成要发送的线性调频信号。定时引擎基于存储在线性调频信号参数寄存器中的线性调频信号参数值针对线性调频信号生成控制/配置信号,并根据期望的线性调频信号配置对合成器编程。定时引擎和线性调频信号参数寄存器由处理单元通过串行外围接口(SPI)配置。
- [0018] 图4说明一些示例线性调频信号参数。通常地,基于雷达应用的类型(如短距离、中距离或远程雷达)、期望的距离分辨率和速度分辨率来配置线性调频信号。用于线性调频信号的参数可包括开始频率、开始时间、斜升斜率和带宽。
- [0019] 如上所述,在一些常规的雷达系统中,基于期望的线性调频信号配置编程一组或两组参数寄存器。如果一组参数寄存器被编程,同样的线性调频信号配置被用于帧中的所有的线性调频信号。如果两组参数寄存器被编程,基于计数器的值在帧中可使用两个线性调频信号配置。图5说明可被使用的一些示例线性调频信号配置。线性调频信号配置1说明在带宽B1处的一个示例线性调频信号,其可以被重复多次以捕获物体的距离、速度和到达角度。线性调频信号配置2说明具有比配置1更高带宽B2的线性调频信号,其提供用于以更高的距离分辨率检测更近的物体的更高的精度。线性调频信号配置3说明具有比前两个配置更高带宽B2和更快的线性调频速率的线性调频信号,其提供对于物体的更好的速度分辨率。线性调频信号配置4说明一个负斜率线性调频信号。线性调频信号配置5说明用于缓慢倾斜的线性调频信号的配置,其相比于配置2和3提供以更差的距离分辨率的更长距离信息。

[0020] 在常规的方法中,如上所述的线性调频信号配置可应用在不同的帧中,由于使用多个帧以提取所需信息造成的延时,这可能导致丢失关于在雷达视野内的物体的重要信息。示例实施例提供在单个帧中使用多个线性调频信号配置文件,其(用合适的配置文件组合)可减少提取物体信息需要的时间。为了完成这一点,由定时引擎使用的线性调频信号参数寄存器在帧中从线性调频信号到线性调频信号实时地被配置。在一些实施例中,在雷达系统中的线性调频信号处理单元(如现场可编程门阵列(FPGA)或微控制器(MUC))针对线性调频信号的帧中的每个线性调频信号存储线性调频信号定时参数(即,线性调频信号配置文件)。此外,在线性调频信号的帧的发送期间,线性调频信号处理单元将每个线性调频信号的线性调频信号配置文件实时地传递到定时引擎。额外参数(例如,状态配置参数)也被提供给定时引擎,以针对线性调频信号的帧的发送配置雷达前端的各种元件。

[0021] 图6是示例FMCW雷达系统的高层次(high level)框图,该FMCW雷达系统被配置成在单个帧中使用多个线性调频信号配置文件。示例FMCW雷达系统600包括FMCW雷达前端604、线性调频信号处理单元602、处理单元606、外部存储器610和网络接口608。雷达前端604包括发送和接收线性调频信号的帧的功能。例如,此功能可包括一个或更多个发送器、一个或更多个接收器、定时引擎、频率合成器和用于两个或多个线性调频信号配置文件缓冲器的存储装置(如寄存器)。雷达前端604也可以包括合适的一个接口或更多个接口,用于从处理单元606和线性调频信号处理单元602接收数据和发送数据到处理单元606和线性调频信号处理单元602。例如,接口可以是串行接口,如高速串行接口(如低压差分信号(LVDS)接口)或更低速度的串行外围接口(SPI)。图3中显示雷达前端604的简单的示例。例如,雷达前端604可实现为单个集成芯片。

[0022] 处理单元606耦合到外部存储器610,以在帧期间接收从雷达前端604捕获的雷达信号数据。处理单元606也耦合到线性调频信号处理单元602,以对要发送的线性调频信号的帧提供线性调频信号配置文件和状态配置参数。下文将更详细的解释线性调频信号配置文件和状态配置参数。处理单元606进一步耦合到雷达前端604,以对雷达前端604提供除线性调频信号配置文件之外的控制信息。处理单元606包括对雷达信号数据执行复杂雷达信号处理以确定如任何检测到的物体的距离、速度和角度的信息的功能。处理单元606也可以包括对关于检测到的物体的信息执行后处理的功能,如追踪物体、确定运动速率和方向,及其他功能。处理单元606可包括任何合适的处理器或处理器的组合,其根据需要用于处理收集的雷达数据。例如,处理单元606可包括数字信号处理器(DSP)、微控制器(MCU)、组合DSP和MCU处理二者的片上系统(SoC),或现场可编程门阵列(FPGA)和/或DSP。

[0023] 处理单元606通过网络接口608向交通工具中的一个或更多个电子控制单元提供所需的控制信息。电子控制单元(ECU)是用于控制交通工具中电子系统或子系统中的一个或更多个的交通工具中的任何嵌入式系统的总称。ECU的示例类型包括电子/引擎控制模块(ECM)、动力系统控制模块(PCM)、变速器控制模块(TCM)、制动控制模块(BCM或EBCM)、中央控制模块(CCM)、中央定时模块(CTM)、通用电子模块(GEM)、车身控制模块(BCM)和悬架控制模块(SCM)。

[0024] 网络接口608可实现任何合适的协议,如控制器区域网络(CAN)协议、FlexRay协议或以太网协议。外部存储器610可以是任何合适的存储器设计,如动态随机存取存储器(DRAM),其可包含同步DRAM(SDRAM)或双数据速率DRAM(DDR DRAM),闪存或其组合。

[0025] 线性调频信号处理单元602被配置成管理在帧期间发送的线性调频信号的序列以及类型,包括提供帧中的每个线性调频信号的线性调频信号配置文件给雷达前端604,并捕获由雷达前端604生成的雷达信号数据。线性调频信号处理单元602可用任何合适的处理器、硬件状态机或其组合实现,以根据需要用于对线性调频信号相关的数据进行实时管理。例如,线性调频信号处理单元602可以是现场可编程门阵列(FPGA)、微控制器(MCU)、数字信号处理器(DSP)或其组合。

[0026] 线性调频信号处理单元602包括线性调频信号配置文件存储元件612、数据捕获元件614和外部存储器接口(EMIF)616。数据捕获元件614包括在线性调频信号的帧的发送期间从雷达前端604捕获雷达信号数据和在外部存储器610中存储数据的功能。EMIF 616耦合到外部存储器610,并可由数据捕获元件614使用以将在帧的发送期间捕获的雷达信号数据存储在外部存储器610中。

[0027] 线性调频信号处理单元602包括接收线性调频信号的帧的线性调频信号配置文件和在线性调频信号配置文件存储元件612中存储线性调频信号配置文件的功能。线性调频信号配置文件存储元件612可以是任何合适的存储器设计,如寄存器。在线性调频信号配置文件存储元件612中提供的存储的量依赖于实施方式并可以基于一些因素,如由雷达系统600支持的最大的线性调频信号帧的大小(即,帧中的线性调频信号的最大数量)和线性调频信号配置文件所需的存储的最大量。

[0028] 线性调频信号处理单元602进一步包括以轮询方式向雷达前端604中的定时引擎提供线性调频信号配置文件的功能。更确切地说,雷达前端604包括线性调频信号配置文件缓冲器(如寄存器)用于存储待发送的线性调频信号的参数。线性调频信号配置文件缓冲器存储单个线性调频信号的参数。此外,线性调频信号配置文件是针对单个线性调频信号的一组线性调频信号定时参数。下面更详尽的描述线性调频信号配置文件。线性调频信号配置文件缓冲器的数量依赖于实施方式,并可能基于一些因素,如在填充缓冲器时线性调频信号处理单元602的吞吐量、实现缓冲器的成本,以及其他因素。

[0029] 定时引擎包括在线性调频信号的帧的发送期间以轮询方式从线性调频信号配置文件缓冲器读取线性调频信号参数的功能。相应地,对于两个线性调频信号配置文件缓冲器A和B,定时引擎从缓冲器A读取线性调频信号参数,从缓冲器B读取接下来的线性调频信号参数,从缓冲器A读取接下来的线性调频信号参数,等等。对于四个线性调频信号配置文件缓冲器A、B、C和D,定时引擎从缓冲器A读取线性调频信号参数,从缓冲器B读取接下来的线性调频信号参数,从缓冲器C读取接下来的线性调频信号参数,从缓冲器D读取接下来的线性调频信号参数,从缓冲器A读取接下来的线性调频信号参数,等等。

[0030] 线性调频信号处理单元602包括在线性调频信号的帧的发送期间以轮询方式将线性调频信号配置文件从线性调频信号配置文件存储器612移动到线性调频信号配置文件缓冲器的功能。相应地,对于两个线性调频信号配置文件缓冲器A和B,当定时引擎从缓冲器A读取线性调频信号配置文件时,线性调频信号处理单元602将下一个线性调频信号配置文件提供给定时引擎用于缓冲器B中的存储,并且当定时引擎从缓冲器B读取线性调频信号配置文件时,线性调频信号处理单元602将下一个线性调频信号配置文件提供给定时引擎用于缓冲器A中的存储。这个模式被重复直到帧中的所有线性调频信号已被发送。图7的示例说明对256个线性调频信号的帧的这种轮询线性调频信号配置文件处理。

[0031] 对于四个线性调频信号配置文件缓冲器A、B、C和D，缓冲器可被预加载帧中的前四个线性调频信号中的每个的线性调频信号参数。然后，当定时引擎从缓冲器B读取线性调频信号配置文件，线性调频信号处理单元602将第五线性调频信号配置文件提供给定时引擎用于缓冲器A中的存储，并且当定时引擎从缓冲器C读取线性调频信号配置文件时，线性调频信号处理单元602将第六线性调频信号配置文件提供给定时引擎用于缓冲器B中的存储。此外，当定时引擎从缓冲器D读取线性调频信号配置文件时，线性调频信号处理单元602将第七线性调频信号配置文件提供给定时引擎用于缓冲器C中的存储，并且当定时引擎从缓冲器A读取线性调频信号配置文件时，线性调频信号处理单元602将第八线性调频信号配置文件提供给定时引擎用于缓冲器D中的存储。这个模式被重复直到帧中的所有线性调频信号已被发送。图8的示例说明对256个线性调频信号的帧的这种轮询线性调频信号配置文件处理。当使用如串行外围接口之类的接口时，使用多于两个线性调频信号配置文件缓冲器可以在定时引擎中接收线性调频信号配置文件时提供额外的灵活性。如果接收线性调频信号配置文件所需的时间量大于线性调频信号时间段，则写入的完成可以延迟下一个线性调频信号。使用额外的缓冲器，定时引擎有更多的时间执行线性调频信号，而不可能覆写缓冲器内容。

[0032] 现在更详细地解释线性调频信号配置文件。线性调频信号配置文件是在雷达前端604中的定时引擎的一组定时参数。单个线性调频信号的循环时间（本文可称为微循环或线性调频信号循环）被分为时间间隔并且每个时间间隔的开始由定时参数设置。此外，在每个时间间隔期间（如开始线性调频信号、开始雷达数据采样、停止雷达数据采样）由定时引擎执行的动作被定义。时间间隔的数量和在间隔期间所执行的动作的数量依赖于实施方式。为了简单的解释，假设具有定时参数T1、T2、T3、T4、T5和T6的六个时间间隔。图9的示例说明具有六个时间间隔的微循环。每个间隔的持续时间（即，定时参数T1、T2、T3、T4、T5和T6的值）从线性调频信号到线性调频信号是可编程的。

[0033] 用于线性调频信号的定时参数值（即，线性调频信号配置文件）可以从各种线性调频信号配置参数的值确定。根据雷达系统600的特定架构，线性调频信号配置参数的数量和类型依赖于实施方式。示例线性调频信号配置参数包括用于指示针对线性调频信号将启用哪些发送器的发送器启用参数、用于指定线性调频信号的初始频率的开始频率参数、用于指定线性调频信号的频率斜升的斜率的斜升斜率参数、用于指定雷达信号数据何时对线性调频信号是最初有效的参数，指定进行捕获的雷达信号数据采样的数量的参数，指定线性调频信号之间的时间的参数、频率合成器配置参数和收发器配置参数。

[0034] 定时引擎将线性调频信号的定时参数值转换为多个设备寄存器写入，其控制在每个时间间隔期间将要采取的动作。图10示出一个示例定时引擎1000的框图，该定时引擎被配置成使用线性调频信号配置文件进行操作。定时引擎1000包括参数映射元件1004、有限状态机1006、计数器1002和线性调频信号配置文件缓冲器1008。缓冲器1008中的每个是用于存储线性调频信号数据的不同的一组缓冲器，线性调频信号数据在生成线性调频信号时控制合成器1010和收发器元件1012的状态。在缓冲器中寄存器的数量和存储在每个寄存器中的数据依赖于实施方式。为了简单的解释，假设每十个寄存器的四个缓冲器。

[0035] 参数映射元件1004接收帧中的每个线性调频信号的线性调频信号配置文件和状态配置参数，并将参数值以轮询的方式映射到缓冲器1008中的寄存器。例如，状态配置参数

由处理单元606提供并可包括发送天线选择、接收器带宽和其他状态配置参数。有限状态机1006以轮询的方式读取线性调频信号配置文件缓冲器1008并且输出控制信号,其控制收发器元件1012中的一个收发器(或更多个收发器)和合成器1010的状态。以上解释了以轮询的方式读取和写入线性调频信号配置文件缓冲器。

[0036] 计数器1002(其针对每个微循环被复位)由有限状态机1006使用,以针对有时(at times)对应于线性调频信号配置文件中的定时参数的时间间隔中的每个发起动作。有限状态机1006由高速参考时钟计时,并且计数器1002在每个上升时钟信号沿递增。这个计数器的使用参照表1和图11的示例更详细地解释。

[0037] 图11的示例和表1说明基于定时参数和状态配置参数的定时引擎1000的操作。如表1所示,六个定时参数中的每个被转换成计数器值。此外,特定动作与定时参数中的每个相关联,并且在线性调频信号配置文件缓冲器1008中的寄存器1-8中的特定寄存器与每个动作相关联。状态配置参数被转换成存储在寄存器9和10中的收发器配置值。

[0038] 表1

| 参数 | 计数器值 | 采取的动作 | 相关联的寄存器      |
|----|------|-------|--------------|
| T1 | X    | A     | 寄存器 1, 寄存器 2 |
| T2 | Y    | B     | 寄存器 3, 寄存器 4 |
| T3 | Z    | C     | 寄存器 5        |
| T4 | P    | D     | 寄存器 6        |
| T5 | Q    | E     | 寄存器 7        |

|        |        |   |       |                    |
|--------|--------|---|-------|--------------------|
| [0039] | T6     | R | F     | 寄存器 8              |
|        | 状态配置参数 | - | 收发器配置 | 寄存器 9<br>寄存器 10... |

[0041] 图11的示例说明在线性调频信号/微循环内的有限状态机1006的定时控制。如图11所示,微循环开始于计数器值T0(假设为0)。在T0和T1之间的时间间隔内,如配置(一个或更多个)雷达收发器、设置基频和启用(一个或更多个)发送器的动作可被执行。当计数器值达到值X(T1)时,动作A被发起。例如,动作A可设置线性调频信号带宽并开始频率斜升。当计数器值达到值Y(T2)时,动作B被发起。

[0042] 动作B可开始一个发送器(或更多个发送器)。当计数器值达到值Z(T3)时,采取动作C。动作C可发起雷达信号数据捕获的开始并指定要捕获多少样本。当计数器值达到值P(T4)时,采取动作D。动作D可停止频率斜升。(一个或更多个)发送器也可以在这个点及时被禁用。当计数器值达到值Q(T5)时,采取动作E。动作E可开始频率返回基频的斜升。当计数器值达到值R(T6)时,采取动作F。动作F可发起状态机用于下一个线性调频信号。

[0043] 图12是用于在FMCW雷达系统(例如图6中的FMCW雷达系统)中的线性调频信号的帧中动态地编程线性调频信号的方法的流程图。如上所述,线性调频信号的帧中的每个线性调频信号的单独的线性调频信号配置文件被存储在雷达系统中的线性调频信号处理单元

的线性调频信号配置文件存储元件中。随着线性调频信号的帧被发送,定时引擎从线性调频信号处理单元以发送顺序接收1200每个线性调频信号的线性调频信号配置文件,并使用1202每个线性调频信号配置文件以配置相应的线性调频信号。定时引擎包括寄存器缓冲器(即,线性调频信号配置文件缓冲器),其由定时引擎以轮询顺序使用以配置连续的线性调频信号。在每个接收的线性调频信号配置文件中的线性调频信号定时参数被映射到线性调频信号配置文件缓冲器中的寄存器。用于映射接收线性调频信号配置文件的特定线性调频信号配置文件缓冲器以轮询顺序被选择。线性调频信号配置文件的接收以及线性调频信号配置文件到线性调频信号配置文件缓冲器的映射与使用不同的线性调频信号配置文件缓冲器以配置线性调频信号同时发生。

[0044] 其他实施例

[0045] 在至少一些示例实施例中,处理单元和线性调频信号处理单元是单独的处理单元。在至少一个替代的示例中,单个处理单元可被使用代替单独的处理单元。相应地,线性调频信号处理单元和处理单元可以是相同的处理单元。

[0046] 在其他示例实施例中,线性调频信号处理单元也执行雷达信号数据捕获。在至少一个替代示例中,数据捕获在其他地方执行,如由处理单元执行。

[0047] 在另一个示例中,雷达前端、线性调频信号处理单元和处理单元被集成在单个芯片中。

[0048] 在至少一些示例实施例中,定时引擎以轮询顺序服务线性调频信号配置文件缓冲器。在至少一个替代示例中,当多于两个线性调频信号配置文件缓冲器存在时,要被服务的缓冲器的数量和选择(和/或服务缓冲器的顺序)是可编程的。

[0049] 雷达系统中的元件可以称为不同名称和/或可以以本文未示出的方式组合,而不偏离所描述的功能。在至少一个示例中,如果第一设备耦合到第二设备,这样的连接可通过直接电连接、通过经由其他设备和连接的间接电连接、通过光电连接、和/或通过无线电连接。

[0050] 在描述的实施例中,修改是可能的,并且在权利要求的范围内,其他实施例是可能的。



图1

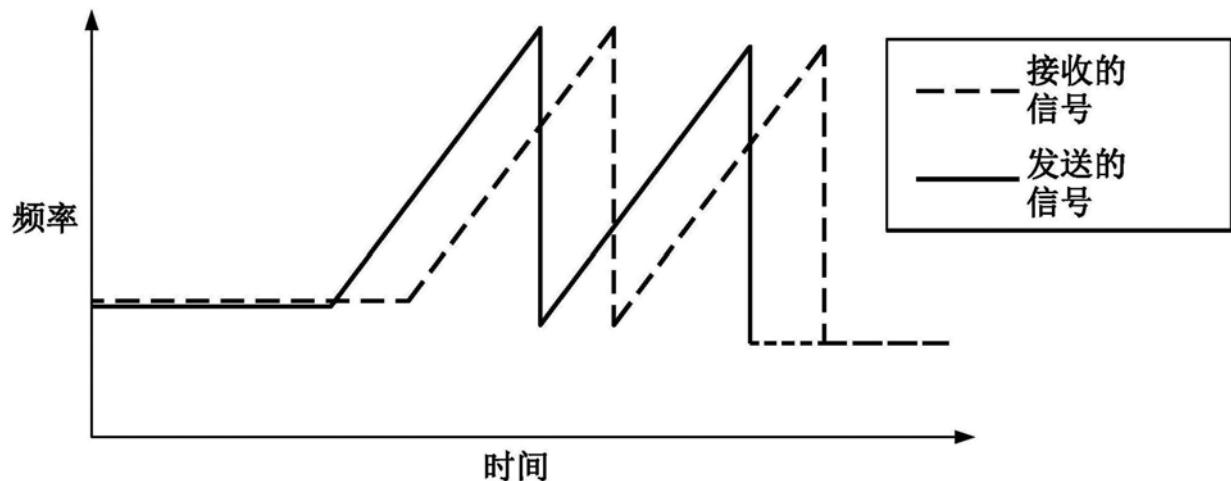


图2

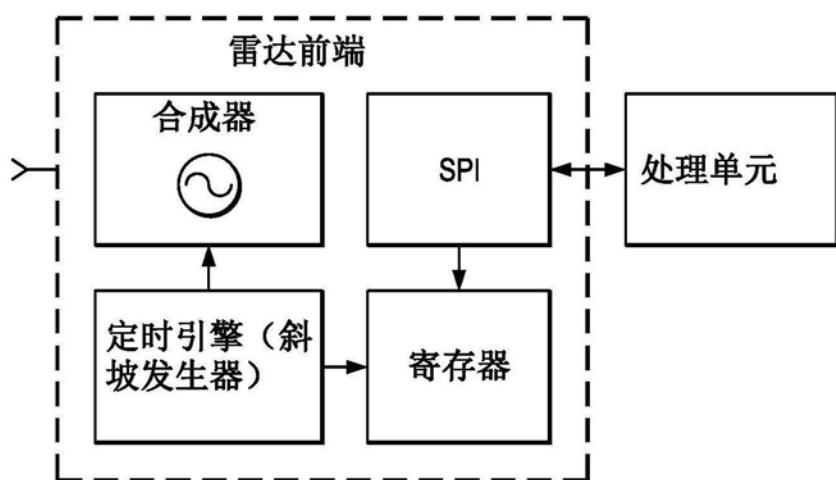
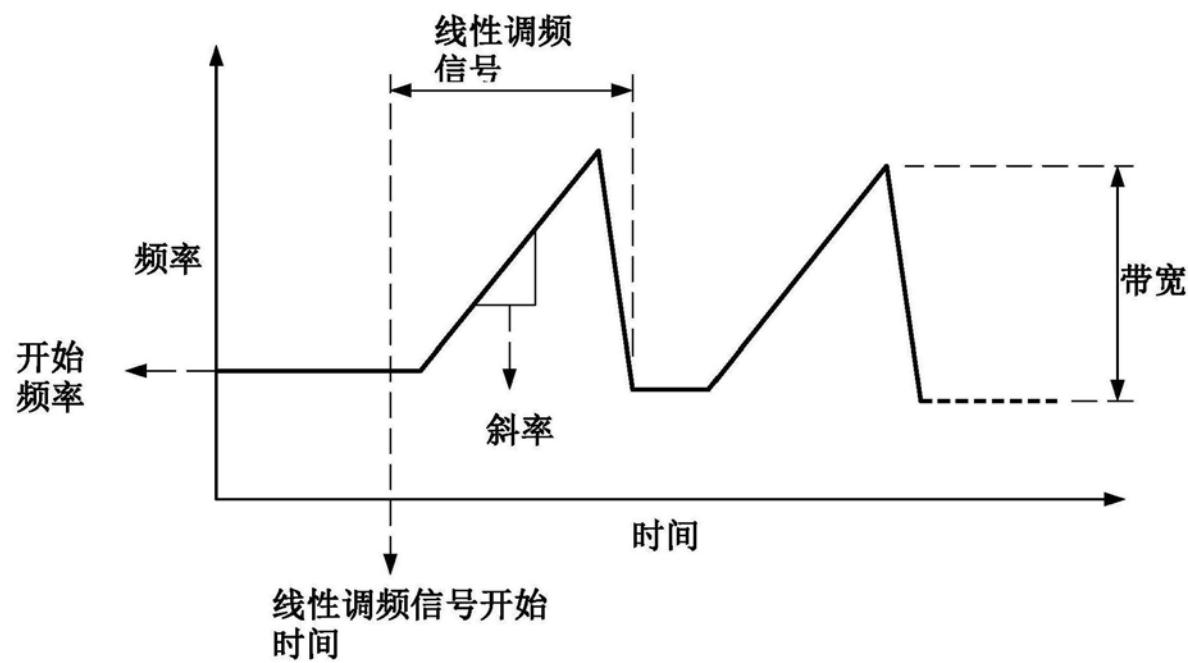


图3



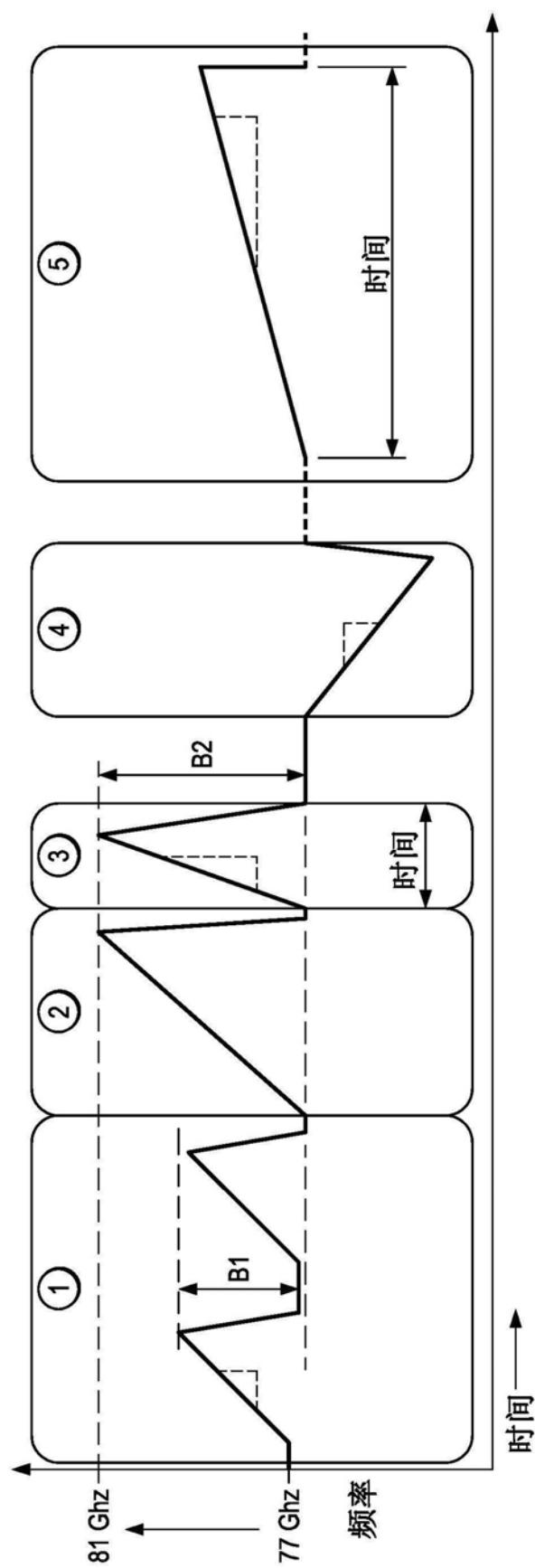


图5

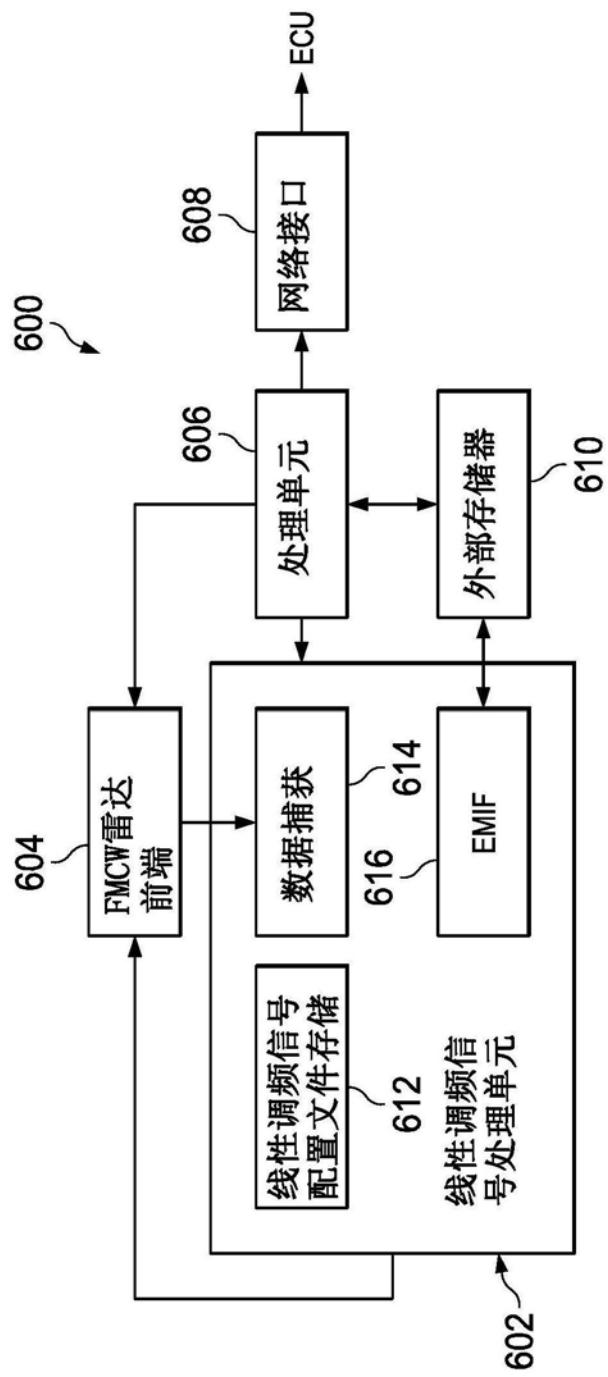


图6

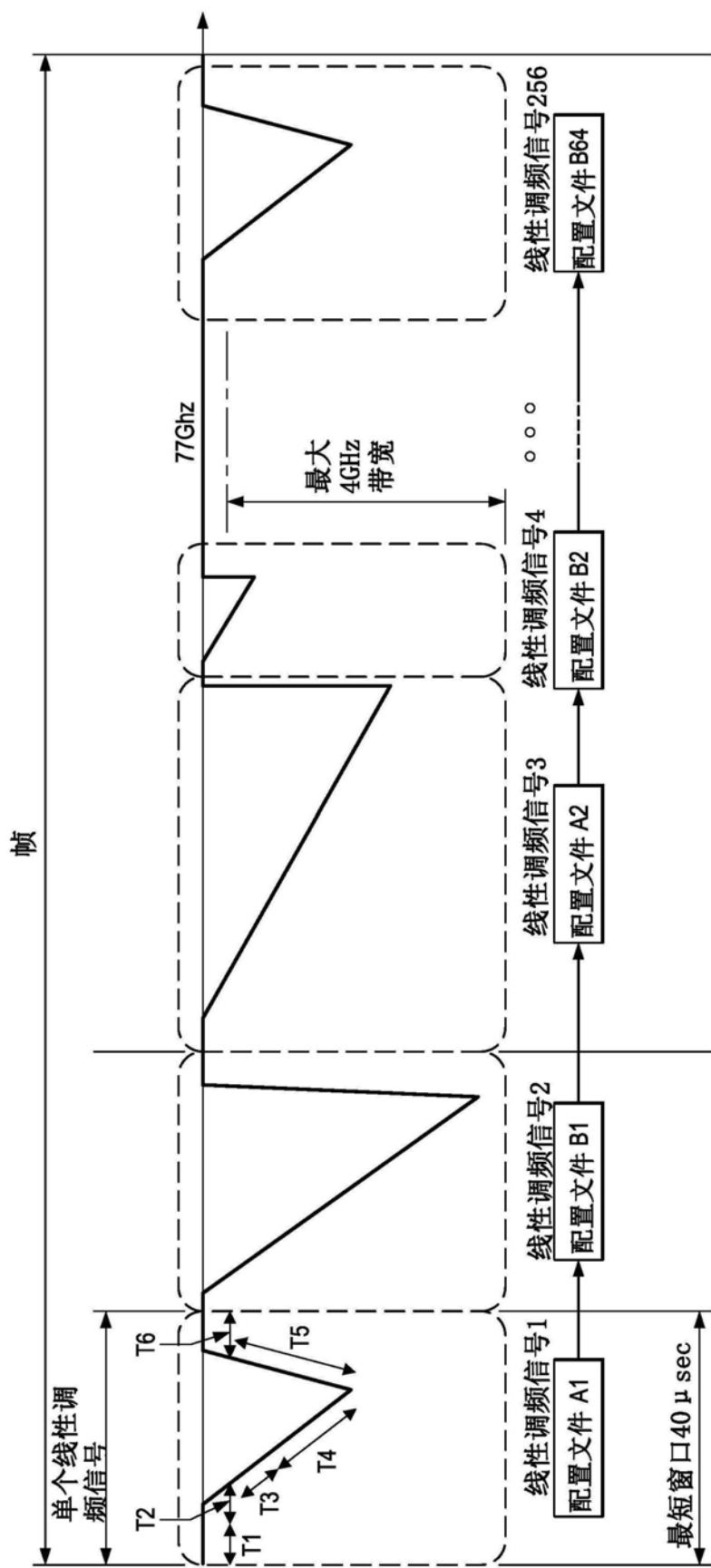


图7

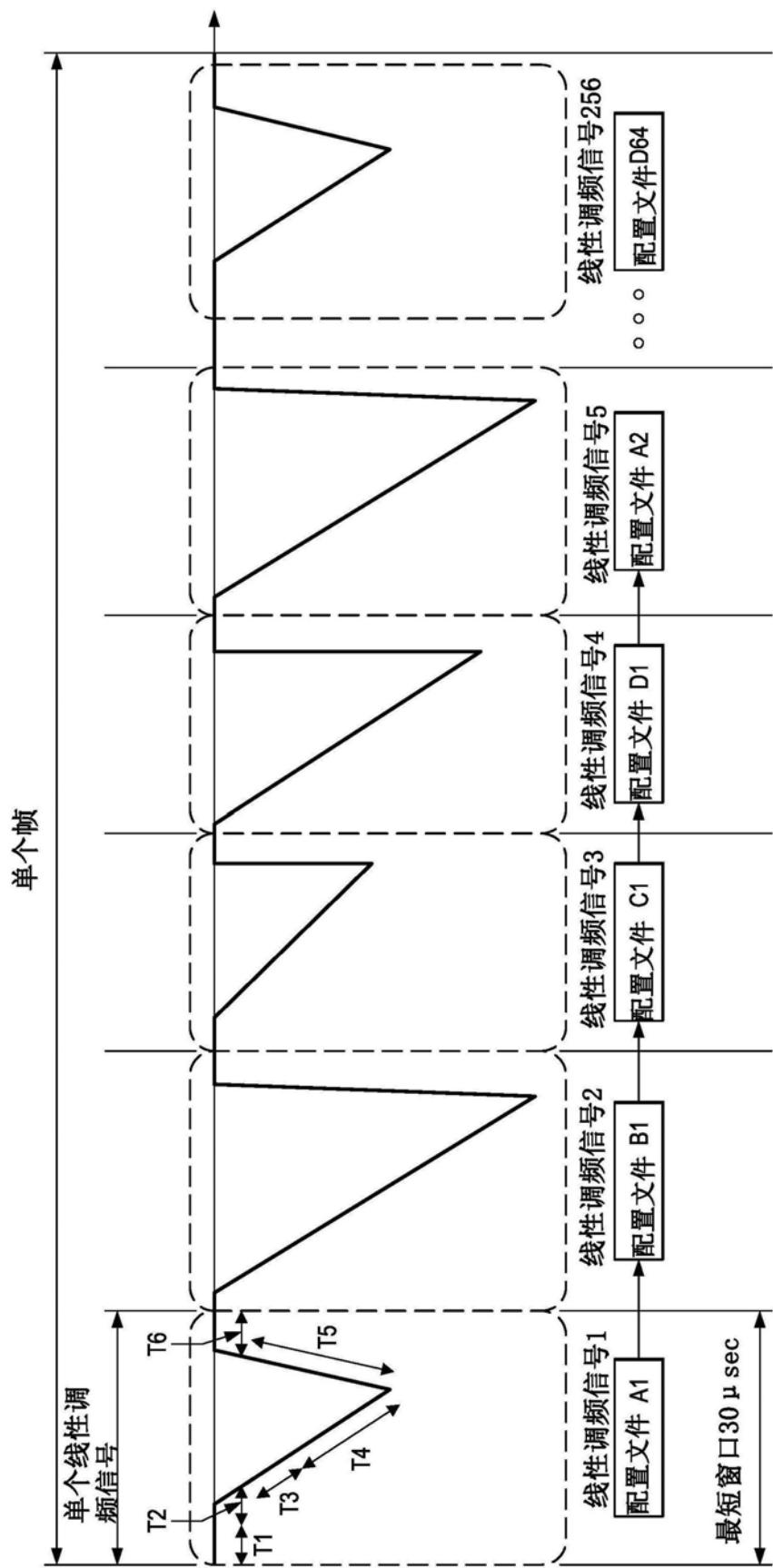


图8

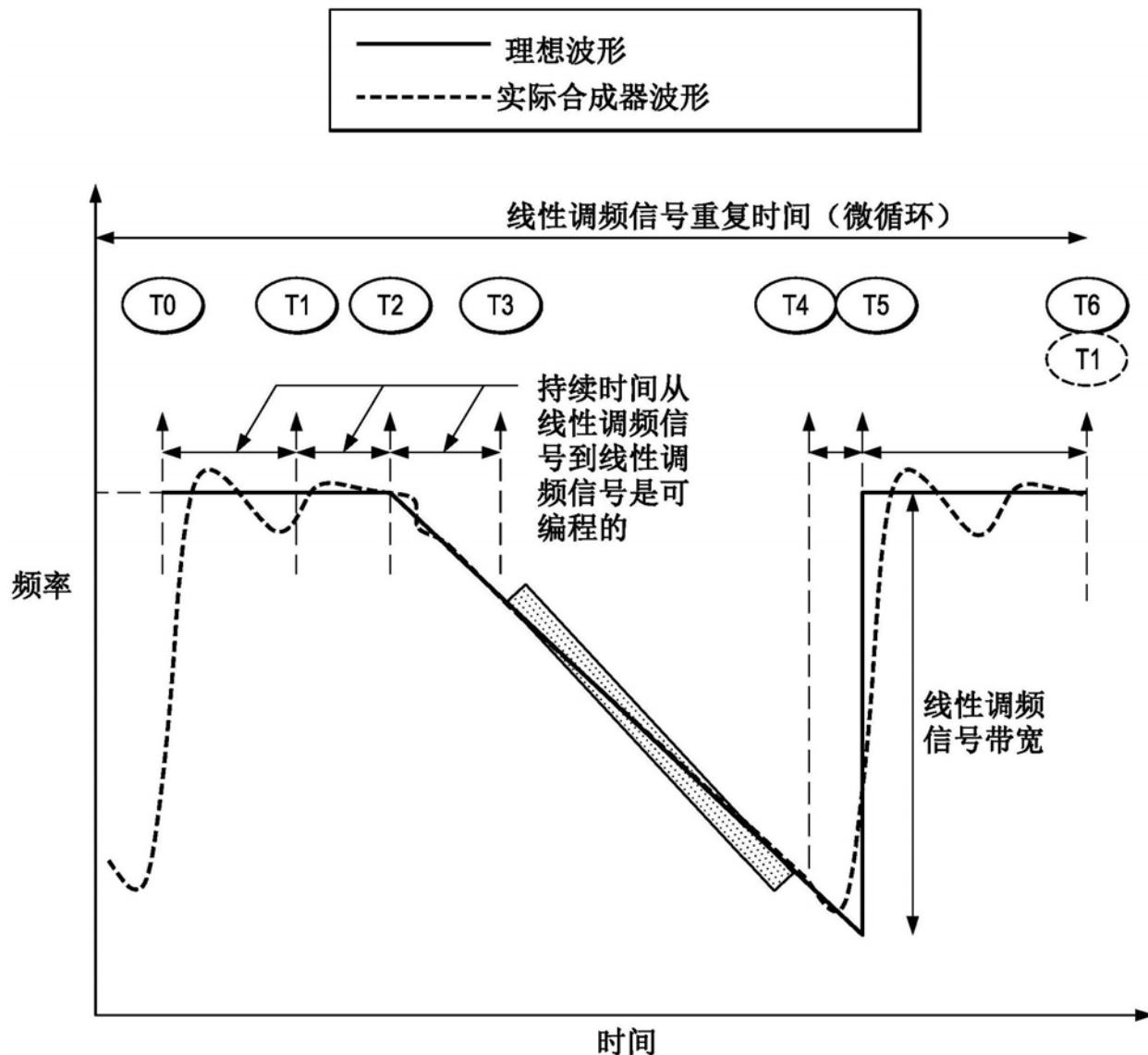


图9

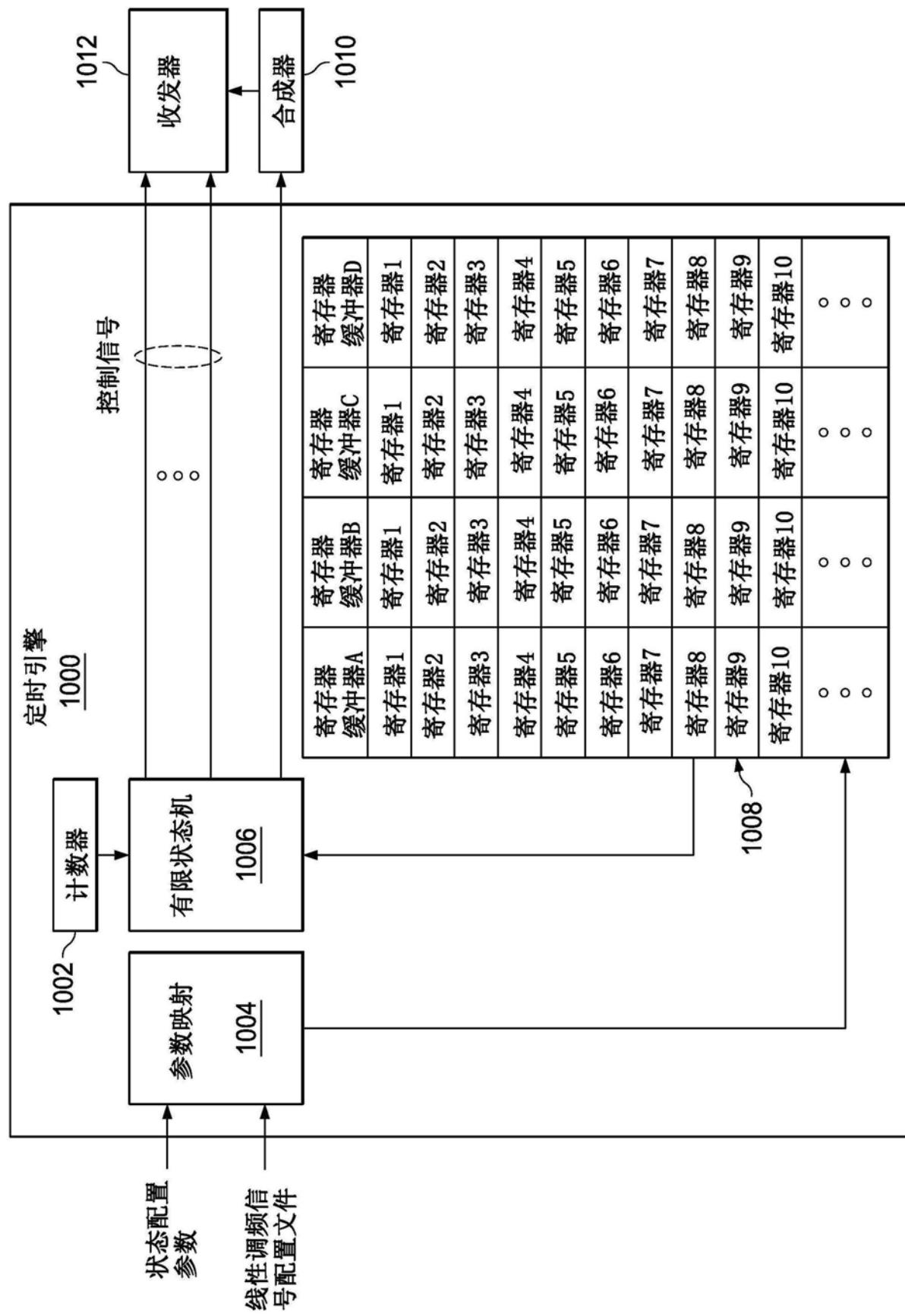


图 10

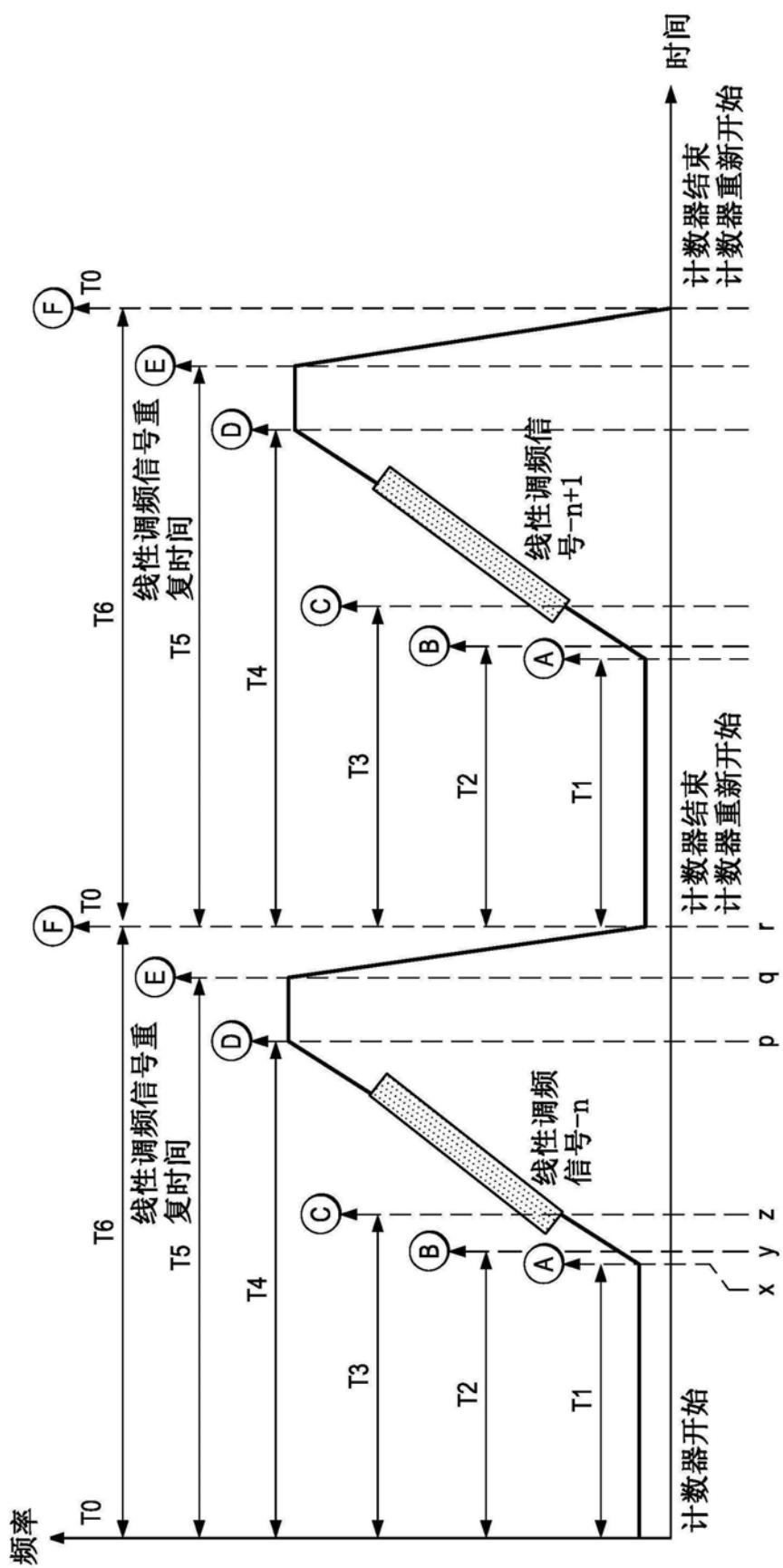


图 11

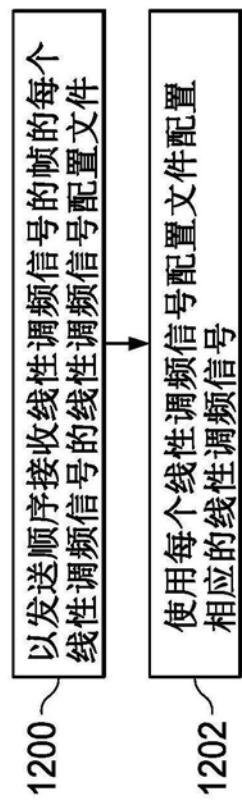


图12