



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104343571 A

(43) 申请公布日 2015.02.11

(21) 申请号 201410375481.4

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2014 08 01

F02D 45/00 (2006.01)

### (30) 优先权数据

61/861 498 2013.08.02 US

14/032 508 2013, 09, 20 US

(71) 申请人 通用汽车环球科技运作有限责任公司

地址 美国密执安州

(72) 发明人 S. L. 斯托尔奇 J. A. 肖尔 K. C. 王  
N. 全

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
司 72001

代理人 成城 李婷

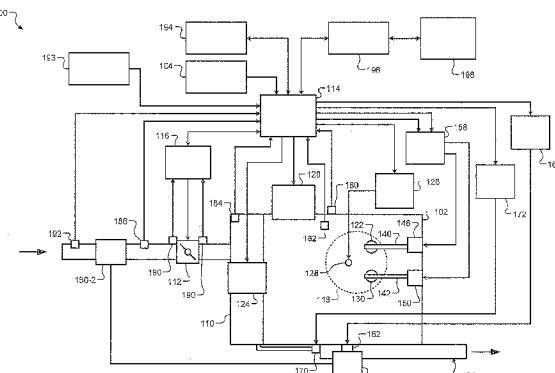
权利要求书2页 说明书22页 附图8页

(54) 发明名称

## 用于模型预测控制器的标定系统和方法

## (57) 摘要

本发明涉及用于模型预测控制器的标定系统和方法。车辆的有形计算机可读介质包括引用多个变量的目标代码，所述目标代码用于：基于用于发动机的空气和排气设定点来识别可能目标值的集合；分别基于发动机的模型和所述可能目标值的集合来产生预测参数；基于预测参数来选择所述可能目标值的集合中的一个；分别基于可能目标值的集合中的选定一个来设置目标值；以及基于目标值中的第一目标值来控制节气门的打开。所述有形计算机可读介质还包括标定数据，所述标定数据与目标代码分开地被存储并且包括分别用于在目标代码中被引用的变量的预定值。至少一个处理器利用预定值来执行目标代码，以执行所述识别、所述产生、所述选择、所述设置以及所述控制。



1. 一种用于车辆的发动机控制模块(ECM),所述 ECM 包括：

有形计算机可读介质,所述有形计算机可读介质包括：

目标代码,所述目标代码引用多个变量,并且所述目标代码用于：

基于用于发动机的空气和排气设定点来识别可能目标值的集合；

分别基于所述发动机的模型和所述可能目标值的集合来产生预测参数；

基于所述预测参数来选择所述可能目标值的集合中的一个；

分别基于可能目标值的集合中的选定一个来设置目标值；以及

基于所述目标值中的第一目标值来控制节气门的打开；以及

标定数据,所述标定数据与所述目标代码分开地被存储并且包括分别用于在所述目标代码中被引用的变量的预定值；以及

至少一个处理器,所述至少一个处理器利用所述预定值来执行所述目标代码,以执行所述识别、所述产生、所述选择、所述设置以及所述控制。

2. 根据权利要求 1 所述的 ECM,其中,所述有形计算机可读介质还包括：

表明所述目标代码的第一标识符的数据；以及

表明所述标定数据的第二标识符的数据。

3. 一种车辆标定系统,所述车辆标定系统包括：

根据权利要求 1 所述的 ECM；以及

与所述 ECM 分开的标定装置,所述标定装置包括显示器并且将在所述目标代码中被引用的变量的预定值显示在所述显示器上。

4. 根据权利要求 3 所述的车辆标定系统,其中,所述标定装置此外：

包括第二组标定数据,所述第二组标定数据包括用于在所述目标代码中被引用的变量的预定值；以及

响应于用户输入而用第二组标定数据来替换所述标定数据。

5. 根据权利要求 4 所述的车辆标定系统,其中：

所述有形计算机可读介质还包括：

表明所述目标代码的第一标识符的数据；以及

表明所述标定数据的第二标识符的数据；并且

所述标定装置在用所述第二组标定数据替换所述标定数据之后进一步用表明所述第二组标定数据的第三标识符的数据来替换表明所述第二标识符的数据。

6. 一种模型预测控制器(MPC)设计系统,所述 MPC 设计系统包括：

根据权利要求 1 所述的 ECM；以及

MPC 设计装置,所述 MPC 设计装置基于所述用户输入来产生源代码文件、头文件和所述标定数据,所述 MPC 设计装置编译所述源代码文件和所述头文件以产生所述目标代码,所述 MPC 设计装置将所述目标代码存储在所述 ECM 的有形计算机可读介质中,所述 MPC 设计装置将所述标定数据与所述目标代码分开地存储在所述 ECM 的有形计算机可读介质中。

7. 一种模型预测控制器(MPC)设计系统,所述 MPC 设计系统包括：

根据权利要求 1 所述的 ECM；以及

MPC 设计装置,所述 MPC 设计装置基于所述用户输入来产生源代码文件和头文件,所述头文件包括在所述目标代码中被引用的变量的预定值,所述 MPC 设计装置识别所述头文件

内的预定值、产生所述标定数据、将来自所述头文件的预定值传送至所述标定数据、编译所述源代码文件和头文件以产生所述目标代码、将所述目标代码存储在所述 ECM 的有形计算机可读介质中、将所述标定数据与所述目标代码分开地存储在所述 ECM 的有形计算机可读介质中。

8. 根据权利要求 1 所述的 ECM，其中，所述目标代码还包括用于下述的目标代码：

基于所述目标值中的第二目标值来控制废气门的打开；

基于所述目标值中的第三目标值来控制排气再循环(EGR) 阀的打开；以及

分别基于所述目标值中的第四目标值和第五目标值来控制进气阀和排气阀定相。

9. 根据权利要求 1 所述的 ECM，其中，所述目标代码还包括进一步基于空气和排气设定点来选择可能目标值的集合中的一个的目标代码。

10. 一种方法，所述方法包括：

使用车辆的至少一个处理器利用标定数据来选择性地执行目标代码，所述标定数据与所述目标代码分开地存储在所述车辆的有形计算机可读介质中；

其中，所述标定数据分别包括在所述目标代码中被引用的变量的预定值；以及

所述目标代码包括用于下述的目标代码：

基于用于发动机的空气和排气设定点来识别可能目标值的集合；

分别基于所述发动机的模型和所述可能目标值的集合来产生预测参数；

基于所述预测参数来选择所述可能目标值的集合中的一个；

分别基于可能目标值的集合中的选定一个来设置目标值；以及

基于所述目标值中的第一目标值来控制节气门的打开。

## 用于模型预测控制器的标定系统和方法

### [0001] 相关申请的交叉引用

本申请要求于 2013 年 8 月 2 日提交的美国临时申请序列号 61/861,498 的权益。上述申请的公开内容全部并入本文以供参考。

### 技术领域

[0002] 本公开涉及用于车辆的控制系统和方法,且更具体地涉及用于标定车辆的模型预测控制器的系统和方法。

### 背景技术

[0003] 在此提供的背景技术描述用于总体上介绍本公开的背景的目的。当前署名发明人的工作(在背景技术部分描述的程度上)以及本描述中否则不足以作为申请时现有技术的各方面,既不明显地也非隐含地被承认为与本公开相抵触的现有技术。

[0004] 内燃发动机在汽缸内燃烧空气和燃料混合物以驱动活塞,这产生驱动扭矩。进入发动机的空气流经由节气门被调节。更具体而言,节气门调整节流面积,这增加或减小进入发动机的空气流。随着节流面积的增加,进入发动机的空气流增加。燃料控制系统调整燃料喷射的速率以向汽缸提供期望的空气 / 燃料混合物和 / 或实现期望的扭矩输出。增加提供至汽缸的空气和燃料的量增加了发动机的扭矩输出。

[0005] 在火花点火发动机中,火花引发提供给汽缸的空气 / 燃料混合物的燃烧。在压缩点火发动机中,汽缸中的压缩燃烧了提供给汽缸的空气 / 燃料混合物。火花正时和空气流量可以是用于调整火花点火发动机的扭矩输出的主要机制,而燃料流量可以是用于调整压缩点火发动机的扭矩输出的主要机制。

[0006] 已开发出发动机控制系统,以控制发动机输出扭矩从而实现期望扭矩。然而,传统的发动机控制系统不能如所期望的那样准确地控制发动机输出扭矩。此外,传统的发动机控制系统不能提供对控制信号的快速响应或在影响发动机输出扭矩的各种装置之间协调发动机扭矩控制。

### 发明内容

[0007] 车辆的发动机控制模块(ECM)包括有形计算机可读介质和至少一个处理器。所述有形计算机可读介质包括目标代码,所述目标代码引用多个变量,并且所述目标代码用于:基于用于发动机的空气和排气设定点来识别可能目标值的集合;分别基于所述发动机的模型和所述可能目标值的集合来产生预测参数;基于所述预测参数来选择所述可能目标值的集合中的一个;分别基于可能目标值的集合中的选定一个来设置目标值;以及基于所述目标值中的第一目标值来控制节气门的打开。所述有形计算机可读介质还包括标定数据,所述标定数据与所述目标代码分开地被存储并且包括分别用于在所述目标代码中被引用的变量的预定值。所述至少一个处理器利用所述预定值来执行所述目标代码,以执行所述识别、所述产生、所述选择、所述设置以及所述控制。

[0008] 在其他特征中,所述有形计算机可读介质还包括:表明所述目标代码的第一标识符的数据;以及表明所述标定数据的第二标识符的数据。

[0009] 在其他特征中,标定装置与所述 ECM 分开,所述标定装置包括显示器并且将在所述目标代码中被引用的变量的预定值显示在所述显示器上。

[0010] 在其他特征中,所述标定装置此外:包括第二组标定数据,所述第二组标定数据包括用于在所述目标代码中被引用的变量的预定值;以及响应于用户输入而用第二组标定数据来替换所述标定数据。

[0011] 在其他特征中,所述有形计算机可读介质还包括:表明所述目标代码的第一标识符的数据;以及表明所述标定数据的第二标识符的数据。所述标定装置在用所述第二组标定数据替换所述标定数据之后进一步用表明所述第二组标定数据的第三标识符的数据来替换表明所述第二标识符的数据。

[0012] 在其他特征中,模型预测控制器(MPC)设计装置基于所述用户输入来产生源代码文件、头文件和所述标定数据,编译所述源代码文件和所述头文件以产生所述目标代码,将所述目标代码存储在所述 ECM 的有形计算机可读介质中,将所述标定数据与所述目标代码分开地存储在所述 ECM 的有形计算机可读介质中。

[0013] 在其他特征中,模型预测控制器(MPC)设计装置基于所述用户输入来产生源代码文件和头文件,所述头文件包括在所述目标代码中被引用的变量的预定值,所述 MPC 设计装置识别所述头文件内的预定值、产生所述标定数据、将来自所述头文件的预定值传送至所述标定数据、编译所述源代码文件和头文件以产生所述目标代码、将所述目标代码存储在所述 ECM 的有形计算机可读介质中、将所述标定数据与所述目标代码分开地存储在所述 ECM 的有形计算机可读介质中。

[0014] 在其他特征中,所述目标代码还包括用于下述的目标代码:基于所述目标值中的第二目标值来控制废气门的打开;基于所述目标值中的第三目标值来控制排气再循环(EGR)阀的打开;以及分别基于所述目标值中的第四目标值和第五目标值来控制进气阀和排气阀定相。

[0015] 在其他特征中,所述目标代码还包括进一步基于空气和排气设定点来选择可能目标值的集合中的一个的目标代码。

[0016] 在其他特征中,所述目标代码还包括分别基于所述空气和排气设定点与所述预测参数的比较来选择可能目标值的集合中的一个的目标代码。

[0017] 一种方法,包括:使用车辆的至少一个处理器利用标定数据来选择性地执行目标代码,所述标定数据与所述目标代码分开地存储在所述车辆的有形计算机可读介质中,其中,所述标定数据分别包括在所述目标代码中被引用的变量的预定值。所述目标代码包括用于下述的目标代码:基于用于发动机的空气和排气设定点来识别可能目标值的集合;分别基于所述发动机的模型和所述可能目标值的集合来产生预测参数;基于所述预测参数来选择所述可能目标值的集合中的一个;分别基于可能目标值的集合中的选定一个来设置目标值;以及基于所述目标值中的第一目标值来控制节气门的打开。

[0018] 在其他特征中,所述有形计算机可读介质还包括:表明所述目标代码的第一标识符的数据;以及表明所述标定数据的第二标识符的数据。

[0019] 在其他特征中,所述方法还包括:利用与所述车辆分离的标定装置,将在所述目标

代码中被引用的变量的预定值显示在所述标定装置的显示器上。

[0020] 在其他特征中,所述方法还包括:利用所述标定装置,响应于用户输入用第二组标定数据来替换所述标定数据,其中,所述第二组标定数据包括在所述目标代码中被引用的变量的预定值。

[0021] 在其他特征中,所述有形计算机可读介质还包括:表明所述目标代码的第一标识符的数据;以及表明所述标定数据的第二标识符的数据。所述方法还包括:使用所述标定装置,在用所述第二组标定数据替换所述标定数据之后进一步用表明所述第二组标定数据的第三标识符的数据来替换表明所述第二标识符的数据。

[0022] 在其他特征中,所述方法还包括:使用与所述车辆分离的模型预测控制器(MPC)设计装置来执行下述操作:基于用户输入来产生源代码文件、头文件和所述标定数据;编译所述源代码文件和所述头文件以产生所述目标代码;将所述目标代码存储在所述有形计算机可读介质中;以及将所述标定数据与所述目标代码分开地存储在所述有形计算机可读介质中。

[0023] 在其他特征中,所述方法还包括:使用与所述车辆分离的模型预测控制器(MPC)设计装置来执行下述操作:基于用户输入来产生源代码文件和头文件,所述头文件包括在所述目标代码中被引用的变量的预定值;识别所述头文件内的预定值;产生所述标定数据;将所述预定值从所述头文件传送到所述标定数据;编译所述源代码文件和所述头文件以产生所述目标代码;将所述目标代码存储在所述有形计算机可读介质中;以及将所述标定数据与所述目标代码分开地存储在所述有形计算机可读介质中。

[0024] 在其他特征中,所述目标代码还包括用于下述的目标代码:基于所述目标值中的第二目标值来控制废气门的打开;基于所述目标值中的第三目标值来控制排气再循环(EGR)阀的打开;以及分别基于所述目标值中的第四目标值和第五目标值来控制进气阀和排气阀定相。

[0025] 在其他特征中,所述目标代码还包括进一步基于空气和排气设定点来选择可能目标值的集合中的一个的目标代码。

[0026] 在其他特征中,所述目标代码还包括分别基于所述空气和排气设定点与所述预测参数的比较来选择可能目标值的集合中的一个的目标代码。

[0027] 本发明还可包括下列方案。

[0028] 1. 一种用于车辆的发动机控制模块(ECM),所述 ECM 包括:

有形计算机可读介质,所述有形计算机可读介质包括:

目标代码,所述目标代码引用多个变量,并且所述目标代码用于:

基于用于发动机的空气和排气设定点来识别可能目标值的集合;

分别基于所述发动机的模型和所述可能目标值的集合来产生预测参数;

基于所述预测参数来选择所述可能目标值的集合中的一个;

分别基于可能目标值的集合中的选定一个来设置目标值;以及

基于所述目标值中的第一目标值来控制节气门的打开;以及

标定数据,所述标定数据与所述目标代码分开地被存储并且包括分别用于在所述目标代码中被引用的变量的预定值;以及

至少一个处理器,所述至少一个处理器利用所述预定值来执行所述目标代码,以执行

所述识别、所述产生、所述选择、所述设置以及所述控制。

[0029] 2. 根据方案 1 所述的 ECM, 其中, 所述有形计算机可读介质还包括 :

表明所述目标代码的第一标识符的数据 ; 以及

表明所述标定数据的第二标识符的数据。

[0030] 3. 一种车辆标定系统, 所述车辆标定系统包括 :

根据方案 1 所述的 ECM ; 以及

与所述 ECM 分开的标定装置, 所述标定装置包括显示器并且将在所述目标代码中被引用的变量的预定值显示在所述显示器上。

[0031] 4. 根据方案 3 所述的车辆标定系统, 其中, 所述标定装置此外 :

包括第二组标定数据, 所述第二组标定数据包括用于在所述目标代码中被引用的变量的预定值 ; 以及

响应于用户输入而用第二组标定数据来替换所述标定数据。

[0032] 5. 根据方案 4 所述的车辆标定系统, 其中 :

所述有形计算机可读介质还包括 :

表明所述目标代码的第一标识符的数据 ; 以及

表明所述标定数据的第二标识符的数据 ; 并且

所述标定装置在用所述第二组标定数据替换所述标定数据之后进一步用表明所述第二组标定数据的第三标识符的数据来替换表明所述第二标识符的数据。

[0033] 6. 一种模型预测控制器(MPC) 设计系统, 所述 MPC 设计系统包括 :

根据方案 1 所述的 ECM ; 以及

MPC 设计装置, 所述 MPC 设计装置基于所述用户输入来产生源代码文件、头文件和所述标定数据, 所述 MPC 设计装置编译所述源代码文件和所述头文件以产生所述目标代码, 所述 MPC 设计装置将所述目标代码存储在所述 ECM 的有形计算机可读介质中, 所述 MPC 设计装置将所述标定数据与所述目标代码分开地存储在所述 ECM 的有形计算机可读介质中。

[0034] 7. 一种模型预测控制器(MPC) 设计系统, 所述 MPC 设计系统包括 :

根据方案 1 所述的 ECM ; 以及

MPC 设计装置, 所述 MPC 设计装置基于所述用户输入来产生源代码文件和头文件, 所述头文件包括在所述目标代码中被引用的变量的预定值, 所述 MPC 设计装置识别所述头文件内的预定值、产生所述标定数据、将来自所述头文件的预定值传送至所述标定数据、编译所述源代码文件和头文件以产生所述目标代码、将所述目标代码存储在所述 ECM 的有形计算机可读介质中、将所述标定数据与所述目标代码分开地存储在所述 ECM 的有形计算机可读介质中。

[0035] 8. 根据方案 1 所述的 ECM, 其中, 所述目标代码还包括用于下述的目标代码 :

基于所述目标值中的第二目标值来控制废气门的打开 ;

基于所述目标值中的第三目标值来控制排气再循环(EGR) 阀的打开 ; 以及

分别基于所述目标值中的第四目标值和第五目标值来控制进气阀和排气阀定相。

[0036] 9. 根据方案 1 所述的 ECM, 其中, 所述目标代码还包括进一步基于空气和排气设定点来选择可能目标值的集合中的一个的目标代码。

[0037] 10. 根据方案 9 所述的 ECM, 其中, 所述目标代码还包括分别基于所述空气和排气

设定点与所述预测参数的比较来选择可能目标值的集合中的一个的目标代码。

[0038] 11. 一种方法，所述方法包括：

使用车辆的至少一个处理器利用标定数据来选择性地执行目标代码，所述标定数据与所述目标代码分开地存储在所述车辆的有形计算机可读介质中；

其中，所述标定数据分别包括在所述目标代码中被引用的变量的预定值；以及所述目标代码包括用于下述的目标代码：

基于用于发动机的空气和排气设定点来识别可能目标值的集合；

分别基于所述发动机的模型和所述可能目标值的集合来产生预测参数；

基于所述预测参数来选择所述可能目标值的集合中的一个；

分别基于可能目标值的集合中的选定一个来设置目标值；以及

基于所述目标值中的第一目标值来控制节气门的打开。

[0039] 12. 根据方案 11 所述的方法，其中，所述有形计算机可读介质还包括：

表明所述目标代码的第一标识符的数据；以及

表明所述标定数据的第二标识符的数据。

[0040] 13. 根据方案 11 所述的方法，还包括：

利用与所述车辆分离的标定装置，将在所述目标代码中被引用的变量的预定值显示在所述标定装置的显示器上。

[0041] 14. 根据方案 13 所述的方法，还包括：

利用所述标定装置，响应于用户输入用第二组标定数据来替换所述标定数据；

其中，所述第二组标定数据包括在所述目标代码中被引用的变量的预定值。

[0042] 15. 根据方案 14 所述的方法，其中：

所述有形计算机可读介质还包括：

表明所述目标代码的第一标识符的数据；以及

表明所述标定数据的第二标识符的数据；以及

所述方法还包括：

使用所述标定装置，在用所述第二组标定数据替换所述标定数据之后进一步用表明所述第二组标定数据的第三标识符的数据来替换表明所述第二标识符的数据。

[0043] 16. 根据方案 11 所述的方法，还包括：

使用与所述车辆分离的模型预测控制器(MPC)设计装置来执行下述操作：

基于用户输入来产生源代码文件、头文件和所述标定数据；

编译所述源代码文件和所述头文件以产生所述目标代码；

将所述目标代码存储在所述有形计算机可读介质中；以及

将所述标定数据与所述目标代码分开地存储在所述有形计算机可读介质中。

[0044] 17. 根据方案 11 所述的方法，还包括：

使用与所述车辆分离的模型预测控制器(MPC)设计装置来执行下述操作：

基于用户输入来产生源代码文件和头文件，所述头文件包括在所述目标代码中被引用的变量的预定值；

识别所述头文件内的预定值；

产生所述标定数据；

将所述预定值从所述头文件传送到所述标定数据；  
编译所述源代码文件和所述头文件以产生所述目标代码；  
将所述目标代码存储在所述有形计算机可读介质中；以及  
将所述标定数据与所述目标代码分开地存储在所述有形计算机可读介质中。

[0045] 18. 根据方案 11 所述的方法，其中，所述目标代码还包括用于下述的目标代码：  
基于所述目标值中的第二目标值来控制废气门的打开；  
基于所述目标值中的第三目标值来控制排气再循环(EGR) 阀的打开；以及  
分别基于所述目标值中的第四目标值和第五目标值来控制进气阀和排气阀定相。

[0046] 19. 根据方案 11 所述的方法，其中，所述目标代码还包括进一步基于空气和排气设定点来选择可能目标值的集合中的一个的目标代码。

[0047] 20. 根据方案 19 所述的方法，其中，所述目标代码还包括分别基于所述空气和排气设定点与所述预测参数的比较来选择可能目标值的集合中的一个的目标代码。

[0048] 通过详细描述、权利要求和附图，本公开的其它应用领域将变得显而易见。详细描述和具体示例仅意图用于举例说明的目的，而并非意图限制本公开的范围。

## 附图说明

[0049] 通过详细描述和附图将会更全面地理解本公开，附图中：

图 1 是根据本公开的示例性发动机系统的功能框图；

图 2 是根据本公开的示例性发动机控制系统的功能框图；

图 3 是根据本公开的示例性空气控制模块的功能框图；

图 4 包括描绘使用根据本公开的模型预测控制模块来控制节气门、进气阀和排气阀定相、废气门以及排气再循环(EGR) 阀的示例性方法的流程图；

图 5A 和 5B 是根据本公开的示例性模型预测控制设计装置的功能框图；

图 6 是包括与根据本公开的模型预测控制模块相对应的发动机控制模块的示例部分的功能框图；以及

图 7A 和 7B 是根据本公开的流程图，描述了用于产生并存储包括模型预测控制模块的代码的文件以及包括模型预测控制模块的标定数据的文件的示例性方法。

[0050] 在附图中，附图标记可再次使用，以标示类似的和 / 或相同的元件。

## 具体实施方式

[0051] 发动机控制模块(ECM)控制发动机的扭矩输出。更具体而言，ECM 分别基于目标值来控制发动机的致动器，以产生请求量的扭矩。例如，ECM 基于目标进气和排气移相器角度来控制进气和排气凸轮轴定相、基于目标节气门开度来控制节气门、基于目标 EGR 开度来控制排气再循环(EGR) 阀、并且基于目标废气门占空比来控制涡轮增压器的废气门。

[0052] ECM 可以使用多个单输入单输出(SISO)控制器(例如比例积分微分(PID)控制器)单独地确定目标值。然而，当使用多个 SISO 控制器时，目标值可以被设置以便以可能的燃料消耗减少为代价来维持系统稳定性。另外，各个 SISO 控制器的标定和设计可能是成本高昂和耗时的。

[0053] 本公开的 ECM 包括生成目标值的模型预测控制器(MPC)。更具体而言，MPC 识别用

于实现各种发动机空气和排气设定点(例如,进气歧管压力设定点、每缸空气质量(APC)设定点、外部和残余稀释设定点、以及压缩比设定点)的目标值的可能集合。用于设定点的约束以及用于目标值的约束也被考虑。MPC 基于可能集合的目标值和发动机的模型针对可能集合中的每一个来确定预测参数(响应)。

[0054] MPC 分别基于预测参数与各设定点的比较来确定与可能集合中的每一个的使用相关联的成本。例如, MPC 可以分别基于预测参数多快地达到设定点和 / 或预测参数超出设定点多远来确定与可能集合相关联的成本。MPC 可以选择具有最低成本的可能集合中的一个,并且使用所选的可能集合的目标值来设定目标值。

[0055] 用户可设计 MPC,包括产生提供 MPC 的功能的代码以及利用执行 MPC 设计应用的计算装置来设置在该代码中被引用的变量的值。设计应用产生代码文件和头文件,所述代码文件包括提供 MPC 的功能的源代码(例如, a .c 文件),所述头文件包括支持该源代码的数据,例如在源代码中被引用的变量的值、变量声明以及其他数据。设计应用编译所述代码文件和头文件以产生可由 ECM 执行的目标代码。然后,该目标代码被存储在 ECM 中。

[0056] 为了改变在代码中被引用的变量的一个或多个值,用户可利用该设计应用来改变一个或多个值,再编译所述代码文件和头文件(因为存储在头文件中的一个或多个值现在是不同的),将再编译的目标代码再存储在 ECM 内。然而,该过程是耗时且耗费资源的。

[0057] 在本公开的 ECM 中,用于在代码中被引用的变量的值与代码文件和头文件分开地存储在文件中。例如,设计应用可产生包括所述值的单独文件,或者解析器可识别存储在头文件中的值并且从该单独文件中的头文件存储所述值。然后,用于所述变量的值与目标代码分开地被存储在 ECM 中。

[0058] 与所述目标代码分开地存储的、由所述目标代码引用的变量的值使得能够针对所述一个或多个值作出改变,而不必再编译所述代码文件和头文件以及将再编译的目标代码再存储在 ECM 内。例如,外部装置可存储多个不同值集合并且在车辆设计期间可将不同值集合加载到 ECM 以调节 MPC,而不必改变目标代码。此外,如果不同值集合随后被选择供使用,所述值可被容易地更新,例如在车辆维修期间。

[0059] 现在参看图 1,提供了示例性发动机系统 100 的功能框图。发动机系统 100 包括发动机 102,发动机 102 基于来自驾驶员输入模块 104 的驾驶员输入来燃烧空气 / 燃料混合物,以产生用于车辆的驱动扭矩。发动机 102 可以是汽油火花点火的内燃发动机。

[0060] 空气通过节气门 112 被吸入进气歧管 110 中。仅仅是举例,节气门 112 可包括具有可旋转叶片的蝶阀。发动机控制模块(ECM)114 控制节气门致动器模块 116,节气门致动器模块 116 调节节气门 112 的开度,以控制吸入进气歧管 110 的空气的量。

[0061] 来自进气歧管 110 的空气被吸入发动机 102 的汽缸中。虽然发动机 102 可包括多个汽缸,但为了说明目的,示出单个代表性汽缸 118。仅仅是举例,发动机 102 可包括 2 个、3 个、4 个、5 个、6 个、8 个、10 个和 / 或 12 个汽缸。ECM 114 可指令汽缸致动器模块 120 选择性地停用汽缸中的一些,这在某些发动机操作条件下可以改善燃料经济性。

[0062] 发动机 102 可使用四冲程循环来操作。以下描述的四个冲程可以被称为进气冲程、压缩冲程、燃烧冲程和排气冲程。在曲轴(未示出)的每周旋转期间,在汽缸 118 内进行四个冲程中的两个。因此,汽缸 118 经历所有四个冲程需要两周的曲轴旋转。

[0063] 在进气冲程期间,来自进气歧管 110 的空气通过进气阀 122 被吸入汽缸 118 中。

ECM 114 控制燃料致动器模块 124，该燃料致动器模块调节燃料喷射以实现目标空燃比。燃料可以在中央位置处或在多个位置处(例如，在每个汽缸 118 的进气阀 122 附近) 喷入进气歧管 110 中。在各种实施方式(未示出)中，燃料可以直接喷入汽缸中或喷入与汽缸相关联的混合室中。燃料致动器模块 124 可以停止向停用的汽缸喷射燃料。

[0064] 喷射的燃料在汽缸 118 中与空气混合并产生空气 / 燃料混合物。在压缩冲程期间，汽缸 118 内的活塞(未示出)压缩空气 / 燃料混合物。基于来自 ECM 114 的信号，火花致动器模块 126 激励汽缸 118 中的火花塞 128，火花塞 128 点燃空气 / 燃料混合物。可相对于活塞处于其称为上止点(TDC)的最高位置的时间来规定火花的正时。

[0065] 火花致动器模块 126 可由规定在 TDC 之前或之后多远处的正时信号控制，以生成火花。由于活塞位置与曲轴旋转直接相关，因此火花致动器模块 126 的操作可以与曲轴角度同步。生成火花可被称为点火事件。火花致动器模块 126 可具有针对每个点火事件改变火花正时的能力。当火花正时在上一点火事件和下一点火事件之间变化时，火花致动器模块 126 可以针对下一点火事件改变火花正时。火花致动器模块 126 可以停止向停用的汽缸提供火花。

[0066] 在燃烧冲程期间，空气 / 燃料混合物的燃烧驱动活塞以使其远离 TDC，从而驱动曲轴。燃烧冲程可被定义为在活塞到达 TDC 的时刻和活塞达到下止点(BDC)的时刻之间的时间。在排气冲程期间，活塞开始移动成远离 BDC 并且使得燃烧副产物通过排气阀 130 排出。燃烧副产物从车辆经由排气系统 134 排出。

[0067] 进气阀 122 可由进气凸轮轴 140 控制，而排气阀 130 可由排气凸轮轴 142 控制。在各种实施方式中，多个进气凸轮轴(包括进气凸轮轴 140)可以控制汽缸 118 的多个进气阀(包括进气阀 122)和 / 或可以控制多组汽缸(包括汽缸 118)的进气阀(包括进气阀 122)。类似地，多个排气凸轮轴(包括排气凸轮轴 142)可以控制汽缸 118 的多个排气阀和 / 或可以控制多组汽缸(包括汽缸 118)的排气阀(包括排气阀 130)。在各种其它实施方式中，可由除凸轮轴之外的装置(诸如无凸轮的阀致动器)来控制进气阀 122 和 / 或排气阀 130。汽缸致动器模块 120 可通过禁止打开进气阀 122 和 / 或排气阀 130 而停用汽缸 118。

[0068] 进气阀 122 打开的时刻可由进气凸轮移相器 148 相对于活塞 TDC 而改变。排气阀 130 打开的时刻可由排气凸轮移相器 150 相对于活塞 TDC 而改变。移相器致动器模块 158 可基于来自 ECM 114 的信号而控制进气凸轮移相器 148 和排气凸轮移相器 150。当实施时，可变阀升程(未示出)也可由移相器致动器模块 158 控制。

[0069] 发动机系统 100 可包括涡轮增压器，涡轮增压器包括由流过排气系统 134 的热排气供能的热的涡轮 160-1。涡轮增压器还包括由涡轮 160-1 驱动的冷空气压缩机 160-2。压缩机 160-2 压缩引入节气门 112 中的空气。在各种实施方式中，由曲轴驱动的增压器(未示出)可以压缩来自节气门 112 的空气并将压缩空气输送至进气歧管 110。

[0070] 废气门 162 可允许排气绕过涡轮 160-1，从而减少由涡轮增压器提供的增压(或进气空气压缩量)。增压致动器模块 164 可通过控制废气门 162 的开度来控制涡轮增压器的增压。在各种实施方式中，两个或更多个涡轮增压器可以被实施并且可由增压致动器模块 164 来控制。

[0071] 空气冷却器(未示出)可以将热从压缩空气充气传递到冷却介质，例如，发动机冷却剂或空气。使用发动机冷却剂来冷却压缩空气充气的空气冷却器可被称为中间冷却器。

使用空气来冷却压缩空气充气的空气冷却器可被称为充气空气冷却器。压缩空气充气可以例如经由压缩和 / 或从排气系统 134 的部件来接收热。虽然为了说明的目的而示出为分开的,但涡轮 160-1 和压缩机 160-2 可附接到彼此,从而使进气空气紧邻热排气。

[0072] 发动机系统 100 可包括排气再循环(EGR)阀 170,该阀将排气选择性地重新导向回进气歧管 110 中。EGR 阀 170 可位于涡轮增压器的涡轮 160-1 的上游。EGR 阀 170 可基于来自 ECM 114 的信号由 EGR 致动器模块 172 控制。

[0073] 曲轴的位置可使用曲轴位置传感器 180 来测量。曲轴的旋转速度(发动机速度)可以基于曲轴位置来确定。发动机冷却剂的温度可使用发动机冷却剂温度(ECT)传感器 182 测量。ECT 传感器 182 可位于发动机 102 内或位于冷却剂循环所处的其它位置,例如散热器(未示出)。

[0074] 进气歧管 110 内的压力可使用歧管绝对压力(MAP)传感器 184 测量。在各种实施方式中,可测量发动机真空度,所述发动机真空度为环境空气压力与进气歧管 110 内的压力之差。可使用空气质量流量(MAF)传感器 186 测量流入进气歧管 110 中的空气质量流率。在各种实施方式中,MAF 传感器 186 可位于还包括节气门 112 的外壳中。

[0075] 节气门致动器模块 116 可使用一个或多个节气门位置传感器(TPS)190 来监测节气门 112 的位置。可使用进气空气温度(IAT)传感器 192 测量吸入发动机 102 的空气的环境温度。发动机系统 100 也可包括一个或多个其它传感器 193,例如,环境湿度传感器、一个或多个爆震传感器、压缩机出口压力传感器和 / 或节气门入口压力传感器、废气门位置传感器、EGR 位置传感器、和 / 或一个或多个其它合适的传感器。ECM 114 可使用来自传感器的信号来为发动机系统 100 做出控制决策。

[0076] ECM 114 可与变速器控制模块 194 通信,以协调变速器(未示出)中的换档。例如,ECM 114 可以在换档期间减小发动机扭矩。ECM 114 可与混合控制模块 196 通信,以协调发动机 102 和电动马达 198 的操作。

[0077] 电动马达 198 也可充当发电机,并可用来产生电能以便由车辆的电气系统使用和 / 或储存在蓄电池中。在各种实施方式中,ECM 114、变速器控制模块 194 和混合控制模块 196 的各种功能可以一体化到一个或多个模块中。

[0078] 改变发动机参数的每个系统可被称为发动机致动器。例如,节气门致动器模块 116 可以调整节气门 112 的开度,以实现目标节气门打开面积。火花致动器模块 126 控制火花塞,以实现相对于活塞 TDC 的目标火花正时。燃料致动器模块 124 控制燃料喷射器,以实现目标燃料供给参数。移相器致动器模块 158 可以分别控制进气凸轮移相器 148 和排气凸轮移相器 150,以实现目标进气和排气凸轮移相器角度。EGR 致动器模块 172 可以控制 EGR 阀 170,以实现目标 EGR 打开面积。增压致动器模块 164 控制废气门 162,以实现目标废气门打开面积。汽缸致动器模块 120 控制汽缸停用,以实现启用或停用的汽缸的目标数量。

[0079] ECM 114 生成用于发动机致动器的目标值,以使得发动机 102 生成目标发动机输出扭矩。ECM 114 使用模型预测控制来生成用于发动机致动器的目标值,如下文进一步讨论的。

[0080] 现在参看图 2,提供了示例性发动机控制系统的功能框图。ECM 114 的示例性实施方式包括驾驶员扭矩模块 202、轮轴扭矩仲裁模块 204 和推进扭矩仲裁模块 206。ECM 114 可包括混合优化模块 208。ECM 114 还包括储备 / 负载模块 220、扭矩请求模块 224、空气控

制模块 228、火花控制模块 232、汽缸控制模块 236 和燃料控制模块 240。

[0081] 驾驶员扭矩模块 202 可基于来自驾驶员输入模块 104 的驾驶员输入 255 来确定驾驶员扭矩请求 254。驾驶员输入 255 可基于例如加速器踏板的位置和制动器踏板的位置。驾驶员输入 255 还可基于巡航控制，该巡航控制可以是改变车辆速度以保持预定跟随距离的自适应巡航控制系统。驾驶员扭矩模块 202 可存储加速器踏板位置与目标扭矩的一个或多个映射并可基于映射中选定的一个来确定驾驶员扭矩请求 254。

[0082] 轮轴扭矩仲裁模块 204 在驾驶员扭矩请求 254 和其它轮轴扭矩请求 256 之间进行仲裁。轮轴扭矩(车轮处的扭矩)可由包括发动机和 / 或电动马达的各种源产生。例如，轮轴扭矩请求 256 可包括当检测到正向车轮打滑(positive wheel slip)时由牵引控制系统请求的扭矩减小。当轮轴扭矩克服车轮与路面之间的摩擦并且车轮开始抵靠路面打滑时，发生所述正向车轮打滑。轮轴扭矩请求 256 还可包括用于抵消负向车轮打滑的扭矩增加请求，在负向车轮打滑的情况下，因为轮轴扭矩为负，所以车辆的轮胎沿相对于路面的另一方向打滑。

[0083] 轮轴扭矩请求 256 还可包括制动管理请求和车辆超速扭矩请求。制动管理请求可在车辆停止时减小轮轴扭矩以确保轮轴扭矩不超过制动器固定住车辆的能力。车辆超速扭矩请求可减小轮轴扭矩以防止车辆超过预定速度。轮轴扭矩请求 256 还可通过车辆稳定性控制系统产生。

[0084] 轮轴扭矩仲裁模块 204 基于在接收的扭矩请求 254 和 256 之间的仲裁结果来输出预测扭矩请求 257 和即时扭矩请求 258。如下所述，来自轮轴扭矩仲裁模块 204 的预测扭矩请求 257 和即时扭矩请求 258 在被用于控制发动机致动器之前可选择性地由 ECM 114 的其它模块调整。

[0085] 一般而言，即时扭矩请求 258 可以是当前期望轮轴扭矩的量，而预测扭矩请求 257 可以是在短时间内可能需要的轮轴扭矩的量。ECM 114 控制发动机系统 100 以产生等于即时扭矩请求 258 的轮轴扭矩。然而，目标值的不同组合可导致相同的轮轴扭矩。ECM 114 可因此调整目标值以便能够较快地转变到预测扭矩请求 257，同时使轮轴扭矩仍保持在即时扭矩请求 258。

[0086] 在各种实施方式中，预测扭矩请求 257 可基于驾驶员扭矩请求 254 被设置。即时扭矩请求 258 在某些情况下可设置成小于预测扭矩请求 257，例如当驾驶员扭矩请求 254 正使得车轮在结冰路面上打滑时。在这种情况下，牵引控制系统(未示出)可通过即时扭矩请求 258 来请求减小，并且 ECM 114 将发动机扭矩输出减小到即时扭矩请求 258。然而，ECM 114 执行所述减小，使得一旦车轮停止打滑，发动机系统 100 就可以迅速重新开始产生预测扭矩请求 257。

[0087] 一般而言，即时扭矩请求 258 和(通常更高的)预测扭矩请求 257 之差可被称为扭矩储备。扭矩储备可表示发动机系统 100 可以最小延迟开始产生的额外的扭矩(超过即时扭矩请求 258)的量。快速发动机致动器用来以最小的延迟增加或减小当前轮轴扭矩。快速发动机致动器相对于慢速发动机致动器而定义。

[0088] 一般而言，快速发动机致动器能比慢速发动机致动器更快速地改变轮轴扭矩。与快速致动器所做的相比，慢速致动器可以更慢地响应于其相应目标值的变化。例如，慢速致动器可包括机械部件，该机械部件需要时间以响应于目标值的变化而从一位置移动至另一

位置。慢速致动器还可由在慢速致动器开始实施变化的目标值之后轮轴扭矩开始变化所花费的时间量来表征。通常，慢速致动器的这个时间量将比快速致动器的更长。此外，甚至在开始变化之后，轮轴扭矩也可能花费更长时间以完全响应慢速致动器的变化。

[0089] 仅仅是举例，火花致动器模块 126 可以是快速致动器。火花点火发动机可以通过施加火花而燃烧包括例如汽油和乙醇的燃料。相比之下，节气门致动器模块 116 可以是慢速致动器。

[0090] 例如，如上所述，当火花正时在上一点火事件和下一点火事件之间改变时，火花致动器模块 126 可能改变下一点火事件的火花正时。相比之下，节气门开度的变化花费更长时间来影响发动机输出扭矩。节气门致动器模块 116 通过调整节气门 112 的叶片的角度来改变节气门开度。因此，当节气门 112 的开度的目标值改变时，当节气门 112 响应于该变化而从其先前位置移动至新位置时，存在机械延迟。此外，基于节气门开度的空气流变化经受进气歧管 110 中的空气传输延迟。此外，直到汽缸 118 在下一进气冲程接收额外空气、压缩该额外空气并且开始燃烧冲程，进气歧管 110 中增加的空气流才被实现为发动机输出扭矩的增加。

[0091] 使用这些致动器作为例子，能够通过将节气门开度设置为会允许发动机 102 产生预测扭矩请求 257 的值来形成扭矩储备。同时，可基于小于预测扭矩请求 257 的即时扭矩请求 258 设置火花正时。虽然节气门开度产生用于发动机 102 的足够的空气流以产生预测扭矩请求 257，但基于即时扭矩请求 258 来延迟火花正时（这减小扭矩）。发动机输出扭矩将因此等于即时扭矩请求 258。

[0092] 当需要额外的扭矩时，可基于预测扭矩请求 257 或在预测扭矩请求 257 和即时扭矩请求 258 之间的扭矩来设置火花正时。通过后面的点火事件，火花致动器模块 126 可以使火花正时返回至最佳值，这允许发动机 102 产生借助于已经存在的空气流能够获得的全部发动机输出扭矩。发动机输出扭矩可因此快速增加至预测扭矩请求 257，而不经历由改变节气门开度导致的延迟。

[0093] 轮轴扭矩仲裁模块 204 可将预测扭矩请求 257 和即时扭矩请求 258 输出到推进扭矩仲裁模块 206。在各种实施方式中，轮轴扭矩仲裁模块 204 可将预测扭矩请求 257 和即时扭矩请求 258 输出到混合优化模块 208。

[0094] 混合优化模块 208 可确定应该由发动机 102 产生多少扭矩和应该由电动马达 198 产生多少扭矩。混合优化模块 208 接着分别将修改后的预测扭矩请求 259 和即时扭矩请求 260 输出至推进扭矩仲裁模块 206。在各种实施方式中，混合优化模块 208 可在混合控制模块 196 中执行。

[0095] 由推进扭矩仲裁模块 206 接收的预测扭矩请求和即时扭矩请求从轮轴扭矩域（车轮处的扭矩）被转换成推进扭矩域（曲轴处的扭矩）。这种转换可在混合优化模块 208 之前、之后、作为其一部分发生，或者替代混合优化模块 208 而发生。

[0096] 推进扭矩仲裁模块 206 在包括转换后的预测扭矩请求和即时扭矩请求的推进扭矩请求 290 之间进行仲裁。推进扭矩仲裁模块 206 生成仲裁的预测扭矩请求 261 和仲裁的即时扭矩请求 262。仲裁的扭矩请求 261 和仲裁的扭矩请求 262 可通过从接收的扭矩请求中选择胜出的请求而生成。替代地或另外地，仲裁的扭矩请求可通过基于接收的扭矩请求中的另一个或多个来修改接收的请求中的一个而生成。

[0097] 例如,推进扭矩请求 290 可包括针对发动机超速保护的扭矩减小、针对失速预防的扭矩增加、以及为适应换档而由变速器控制模块 194 请求的扭矩减小。推进扭矩请求 290 还可由离合器燃料切断产生,当驾驶员踩下手动变速器车辆中的离合器踏板以防止发动机转速猛增(急剧升高)时,所述离合器燃料切断减小发动机输出扭矩。

[0098] 推进扭矩请求 290 还可包括发动机停止请求,其在检测到重大故障时可以被启动。仅仅是举例,重大故障可包括检测到车辆被盗、起动马达卡住、电子节气门控制问题和意外的扭矩增加。在各种实施方式中,当存在发动机停止请求时,仲裁会选择发动机停止请求作为胜出的请求。当存在发动机停止请求时,推进扭矩仲裁模块 206 可以输出零作为仲裁的预测扭矩请求 261 和仲裁的即时扭矩请求 262。

[0099] 在各种实施方式中,发动机停止请求可以独立于仲裁过程而简单地关闭发动机 102。推进扭矩仲裁模块 206 仍然可以接收发动机停止请求,以便例如适当的数据能够反馈给其他的扭矩请求者。例如,可以通知所有其他扭矩请求者:它们已经输掉了仲裁。

[0100] 储备 / 负载模块 220 接收仲裁的预测扭矩请求 261 和仲裁的即时扭矩请求 262。储备 / 负载模块 220 可调整仲裁的预测扭矩请求 261 和仲裁的即时扭矩请求 262 以产生扭矩储备和 / 或补偿一个或多个负载。储备 / 负载模块 220 然后将调整后的预测扭矩请求 263 和调整后的即时扭矩请求 264 输出到扭矩请求模块 224。

[0101] 仅仅是举例,催化剂起燃过程或冷启动排放降低过程可能需要延迟的火花正时。储备 / 负载模块 220 可因此将调整后的预测扭矩请求 263 增加成高于调整后的即时扭矩请求 264,以便为冷启动排放降低过程形成延迟的火花。在另一示例中,可以直接改变发动机的空燃比和 / 或空气质量流量,例如通过诊断侵入式当量比试验和 / 或新发动机净化实现。在开始这些过程之前,可以形成或增加扭矩储备,以迅速弥补由在这些过程期间稀的空气 / 燃料混合物引起的发动机输出扭矩的降低。

[0102] 储备 / 负载模块 220 还可在诸如动力转向泵操作或空气调节(A/C)压缩机离合器的接合的将来负载的预期下产生或增加扭矩储备。用于A/C压缩机离合器的接合的储备可在驾驶员第一次请求空气调节时产生。储备 / 负载模块 220 可增加调整的预测扭矩请求 263,同时使调整的即时扭矩请求 264 保持不变以产生扭矩储备。然后,当A/C压缩机离合器接合时,储备 / 负载模块 220 可通过A/C压缩机离合器的估计负载来增加调整的即时扭矩请求 264。

[0103] 扭矩请求模块 224 接收调整的预测扭矩请求 263 和调整的即时扭矩请求 264。扭矩请求模块 224 确定将如何获得调整的预测扭矩请求 263 和调整的即时扭矩请求 264。扭矩请求模块 224 可以是因发动机类型而异的。例如,扭矩请求模块 224 可以针对火花点火发动机对比于压缩点火发动机而不同地实施或者使用不同的控制方案。

[0104] 在各种实施方式中,扭矩请求模块 224 可以限定全部发动机类型所共用的模块与因发动机类型而异的模块之间的界线。例如,发动机类型可包括火花点火和压缩点火。在扭矩请求模块 224 之前的模块(例如推进扭矩仲裁模块 206)可以是全部发动机类型所共用的模块,而扭矩请求模块 224 和随后的模块可以是因发动机类型而异的。

[0105] 扭矩请求模块 224 基于调整的预测扭矩请求 263 和调整的即时扭矩请求 264 来确定空气扭矩请求 265。空气扭矩请求 265 可以是制动器扭矩。制动器扭矩可以指在当前操作条件下在曲轴处的扭矩。

[0106] 空气流控制发动机致动器的目标值基于空气扭矩请求 265 被确定。更具体而言，基于空气扭矩请求 265，空气控制模块 228 确定目标废气门打开面积 266、目标节气门打开面积 267、目标 EGR 打开面积 268、目标进气凸轮移相器角度 269 和目标排气凸轮移相器角度 270。空气控制模块 228 使用模型预测控制来确定目标废气门打开面积 266、目标节气门打开面积 267、目标 EGR 打开面积 268、目标进气凸轮移相器角度 269 和目标排气凸轮移相器角度 270，如下文进一步讨论的。

[0107] 增压致动器模块 164 控制废气门 162 以实现目标废气门打开面积 266。例如，第一转化模块 272 可以将目标废气门打开面积 266 转化为将施加到废气门 162 的目标占空比 274，并且增压致动器模块 164 可以基于目标占空比 274 将信号施加到废气门 162。在各种实施方式中，第一转化模块 272 可以将目标废气门打开面积 266 转化为目标废气门位置(未示出)，并且将目标废气门位置转化为目标占空比 274。

[0108] 节气门致动器模块 116 控制节气门 112 以实现目标节气门打开面积 267。例如，第二转化模块 276 可以将目标节气门打开面积 267 转化为将施加到节气门 112 的目标占空比 278，并且节气门致动器模块 116 可以基于目标占空比 278 将信号施加到节气门 112。在各种实施方式中，第二转化模块 276 可以将目标节气门打开面积 267 转化为目标节气门位置(未示出)，并且将目标节气门位置转化为目标占空比 278。

[0109] EGR 致动器模块 172 控制 EGR 阀 170 以实现目标 EGR 打开面积 268。例如，第三转化模块 280 可以将目标 EGR 打开面积 268 转化为将施加到 EGR 阀 170 的目标占空比 282，并且 EGR 致动器模块 172 可以基于目标占空比 282 将信号施加到 EGR 阀 170。在各种实施方式中，第三转化模块 280 可以将目标 EGR 打开面积 268 转化为目标 EGR 位置(未示出)，并且将目标 EGR 位置转化为目标占空比 282。

[0110] 移相器致动器模块 158 控制进气凸轮移相器 148 以实现目标进气凸轮移相器角度 269。移相器致动器模块 158 也控制排气凸轮移相器 150 以实现目标排气凸轮移相器角度 270。在各种实施方式中，第四转化模块(未示出)可以被包括并且可以将目标进气和排气凸轮移相器角度分别转化为目标进气和排气占空比。移相器致动器模块 158 可以将目标进气占空比和目标排气占空比分别施加到进气凸轮移相器 148 和排气凸轮移相器 150。

[0111] 扭矩请求模块 224 也可以基于预测扭矩请求 263 和即时扭矩请求 264 而生成火花扭矩请求 283、汽缸关闭扭矩请求 284 和燃料扭矩请求 285。火花控制模块 232 可基于火花扭矩请求 283 确定将火花正时从最佳火花正时起延迟(这减小发动机输出扭矩)多少。仅仅是举例，扭矩关系可被颠倒以求解目标火花正时 286。对于给定的扭矩请求( $T_{Req}$ )，目标火花正时( $S_T$ ) 286 可以基于下式被确定：

$$(1) S_T = f^{-1} (T_{Req}, APC, I, E, AF, OT, \#).$$

[0112] 这种关系可具体化为公式和 / 或查找表。空燃比(AF)可以是由燃料控制模块 240 报告的实际空燃比。

[0113] 当火花正时被设定为最佳火花正时时，所得的扭矩可尽可能接近最大最佳扭矩(MBT)。MBT 是指在使用具有大于预定辛烷值的辛烷值的燃料并使用化学计量比燃料供给的情况下在火花正时提前时针对给定空气流生成的最大发动机输出扭矩。该最大扭矩发生时的火花正时被称为 MBT 火花正时。由于例如燃料质量(例如，当使用较低辛烷值的燃料时)和诸如环境湿度和温度的环境因素，最佳火花正时可以略微不同于 MBT 火花正时。因此，在

最佳火花正时时的发动机输出扭矩可小于MBT。仅仅是举例，在车辆设计的标定阶段期间可以确定对应于不同的发动机操作条件的最佳火花正时的表，并且基于当前发动机操作条件从表中确定最佳值。

[0114] 汽缸关闭扭矩请求 284 可由汽缸控制模块 236 用来确定要停用的汽缸的目标数量 287。在各种实施方式中，可以使用要启用的汽缸的目标数量。汽缸致动器模块 120 基于目标数量 287 选择性地启用和停用汽缸的阀。

[0115] 汽缸控制模块 236 还可指令燃料控制模块 240 停止向停用的汽缸提供燃料，并可指令火花控制模块 232 停止向停用的汽缸提供火花。一旦汽缸中已存在的空气 / 燃料混合物被燃烧，火花控制模块 232 就可以停止向汽缸提供火花。

[0116] 燃料控制模块 240 可基于燃料扭矩请求 285 改变提供至每个汽缸的燃料的量。更具体而言，燃料控制模块 240 可基于燃料扭矩请求 285 生成目标燃料供给参数 288。目标燃料供给参数 288 可包括例如目标燃料质量、目标喷射开始正时和目标燃料喷射次数。

[0117] 在正常操作期间，燃料控制模块 240 可以空气主导模式操作，在该模式下，燃料控制模块 240 试图通过基于空气流控制燃料供给来保持化学计量空燃比。例如，燃料控制模块 240 可确定目标燃料质量，该目标燃料质量在与当前的每缸空气质量(APC)结合时将产生化学计量比燃烧。

[0118] 图 3 是空气控制模块 228 的示例性实施方式的功能框图。现在参看图 2 和图 3，如上文所讨论的，空气扭矩请求 265 可以是制动扭矩。扭矩转化模块 304 将空气扭矩请求 265 从制动器扭矩转化为基本扭矩。由转化为基本扭矩产生的扭矩请求将被称为基本空气扭矩请求 308。

[0119] 基本扭矩可以指在发动机 102 暖机并且没有扭矩负载通过诸如交流发电机和空调压缩机的附件方式施加在发动机 102 上时在发动机 102 在测功器上操作期间在曲轴处得到的扭矩。扭矩转化模块 304 可以例如使用将制动器扭矩与基本扭矩关联的映射或函数将空气扭矩请求 265 转化为基本空气扭矩请求 308。

[0120] 在各种实施方式中，扭矩转化模块 304 可以将空气扭矩请求 265 转化为诸如指示扭矩的另一种扭矩，这种扭矩适合由设定点模块 312 使用。指示扭矩可以指归因于经由在汽缸内的燃料产生的功的在曲轴处的扭矩。

[0121] 设定点模块 312 生成设定点值以用于控制节气门 112、EGR 阀 170、废气门 162、进气凸轮移相器 148 和排气凸轮移相器 150，以便在当前发动机速度 316 下实现基本空气扭矩请求 308。设定点可以被称为发动机空气和排气设定点。发动机速度 316 可以例如基于使用曲轴位置传感器 180 测量的曲轴位置来确定。

[0122] 例如，设定点模块 312 可以生成歧管压力(例如，MAP)设定点 318、每缸空气质量(APC)设定点 320、外部稀释设定点 324、残余稀释设定点 328 和有效压缩比设定点 332。设定点模块 312 可以使用将基本空气扭矩请求 308 和发动机速度 316 关联到设定点的一个或多个函数或映射生成歧管压力设定点 318、APC 设定点 320、外部稀释设定点 324、残余稀释设定点 328 和有效压缩比设定点 332。设定点模块 312 也可以基于基本空气扭矩请求 308 和发动机速度 316 生成一个或多个其它设定点。

[0123] 歧管压力设定点 318 可以指进气歧管 110 内的目标压力。APC 设定点 320 可以指用于燃烧事件的将吸入汽缸内的目标空气质量。有效压缩比也可以被称为动态压缩比。

[0124] 稀释可以指捕集在用于燃烧事件的汽缸内的来自前一燃烧事件的排气的量。外部稀释可以指经由 EGR 阀 170 被提供用于燃烧事件的排气。内部稀释可以指保持在汽缸中的排气和 / 或在燃烧循环的排气冲程之后推回到汽缸中的排气。外部稀释设定点 324 可以指外部稀释的目标量。内部稀释设定点 328 可以指内部稀释的目标量。

[0125] 设定点模块 312 可以进一步基于期望燃烧定相 336 和汽缸模式 340 来生成设定点 318-332 中的一个或多个。汽缸模式 340 可以指例如在一个或多个汽缸(例如,一半或其他比例)被停用时被停用(或启用)的汽缸的数量和 / 或发动机 102 的操作模式。

[0126] 当一个或多个汽缸被停用时,启用的每个汽缸负责产生更大量的扭矩以便实现基本空气扭矩请求 308。因此,设定点模块 312 可以基于汽缸模式 340 调整设定点 318-332 中的一个或多个。例如,设定点模块 312 可以基于汽缸模式 340 增加 APC 设定点 320。设定点模块 312 可以附加地或备选地基于汽缸模式 340 来调整其它设定点 318-332 中的一个或多个。

[0127] 燃烧定相可以指相对于用于预定量的喷射燃料的燃烧的预定曲轴位置而言当该预定量的喷射燃料在汽缸内燃烧时的曲轴位置。例如,燃烧定相可以以相对于预定 CA50 来说的 CA50 来表达。CA50 可以指当喷射燃料的质量的 50% 已在汽缸内燃烧时的曲轴位置(或角度,从而 CA)。预定 CA50 可以对应于从喷射的燃料产生最大量的功时的 CA50,并且可以在 TDC 之后大约 8.5 至大约 10 度。

[0128] 燃烧定相模块 344 (图 2)可以大体上设置期望燃烧定相 336,使得 CA50 发生在预定 CA50 处。换言之,燃烧定相模块 344 可以大体上设置期望燃烧定相 336,使得发生零燃烧定相以实现最大功和因此实现最大燃料效率。然而,燃烧定相模块 344 在某些情况下可以选择性地调整期望燃烧定相 336。

[0129] 例如,燃烧定相模块 344 可以将期望燃烧定相设置成使得当检测到爆震时 CA50 发生在预定 CA50 之后。爆震可以例如使用一个或多个爆震传感器来检测。附加地或备选地,燃烧定相模块 344 可以将期望燃烧定相设置成使得当存在可能导致发生爆震的一个或多个条件时 CA50 发生在预定 CA50 之后。例如,当车辆的燃料箱内的燃料质量小于预定质量和 / 或环境温度大于预定温度且环境湿度小于预定值时,可能发生爆震。

[0130] 当燃烧被延迟以使得 CA50 发生在预定 CA50 之后时,进入汽缸的空气流应增加,以实现基本空气扭矩请求 308。因此设定点模块 312 可以基于期望燃烧定相 336 来调整设定点 318-332 中的一个或多个。例如,当期望燃烧定相 336 被延迟以提供在预定 CA50 之后的 CA50 时,设定点模块 312 可以增加 APC 设定点 320。

[0131] 设定点模块 312 也基于一个或多个设定点约束 348 生成设定点 318-332。约束设置模块 352 可以将用于设定点 318-332 的设定点约束 348 分别设置到预定的可接受范围。设定点模块 312 分别设置设定点 318-332 以使其保持在设定点约束 348 内。

[0132] 然而,约束设置模块 352 在一些情况下可以选择性地调整设定点约束。仅仅是举例,约束设置模块 352 可以设置禁止稀释的设定点约束。设定点模块 312 可以响应于禁止稀释的设定点约束而将外部稀释设定点 324 和残余稀释设定点 328 限制为零。

[0133] 设定点模块 312 也可以基于设定点的限制来调整其它设定点中的一个或多个。例如,当外部稀释设定点 324 和残余稀释设定点 328 被限制时,设定点模块 312 可以增加 APC 设定点 320 以实现基本空气扭矩请求 308。

[0134] 模型预测控制(MPC)模块 360 使用 MPC 基于设定点 318-332、感测值 368、实际燃烧定相 372 和发动机 102 的模型 376 来生成经受致动器约束 364 的目标值 266-270。MPC 包括：使得所述 MPC 模块 360 识别在 N 个将来控制循环期间可以一起使用的目标值 266-270 的可能序列、经受致动器约束 364、并且被给出感测值 368 和实际燃烧定相 372，以实现设定点 318-332。

[0135] 每个可能序列包括用于目标值 266-270 中的每一个的 N 个值的一个序列。换言之，每个可能序列包括用于目标废气门打开面积 266 的 N 个值的序列、用于目标节气门打开面积 267 的 N 个值的序列、用于目标 EGR 打开面积 268 的 N 个值的序列、用于目标进气凸轮移相器角度 269 的 N 个值的序列、以及用于目标排气凸轮移相器角度 270 的 N 个值的序列。N 个值中的每一个用于 N 个将来控制循环中的对应一个。

[0136] MPC 模块 360 使用发动机 102 的模型 376 来确定发动机 102 分别对目标值 266-270 的识别的可能序列的预测响应。MPC 模块 360 基于目标值 266-270 的给定的可能序列来生成与设定点 318-332 相对应的参数的预测。更具体而言，基于目标值 266-270 的给定的可能序列，借助于使用模型 376，MPC 模块 360 生成用于 N 个控制循环的预测的歧管压力的序列、用于 N 个控制循环的预测的 APC 的序列、用于 N 个控制循环的外部稀释的预测量的序列、用于 N 个控制循环的残余稀释的预测量的序列、以及用于 N 个控制循环的预测的压缩比的序列。模型 376 可以例如包括基于发动机 102 的特性标定的一个或多个函数和 / 或映射。

[0137] MPC 模块 360 基于设定点 318-332 与预测之间的关系分别确定目标值 266-270 的可能序列中每一个的成本(值)。例如，MPC 模块 360 可以基于预测参数分别达到各个设定点 318-332 的时期和 / 或预测参数分别超出各个设定点 318-332 的量来确定目标值 266-270 的可能序列中的每一个的成本。仅仅是举例，成本可以随着预测参数达到设定点的时期增加和 / 或随着预测参数超出设定点的量增加而增加。

[0138] 每一对预测参数和设定点可以被加权以影响：预测参数和设定点之间的关系影响成本确定的程度。例如，预测 APC 和 APC 设定点 320 之间的关系可以被加权，以比另一个预测参数和对应设定点之间的关系更多地影响成本。

[0139] MPC 模块 360 基于目标值 266-270 的可能序列的成本来选择目标值 266-270 的可能序列中的一个。例如，MPC 模块 360 可以选择可能序列中的具有最低成本的那个。

[0140] MPC 模块 360 可以接着将目标值 266-270 分别设置到所选的可能序列的 N 个值中的第一个。换言之，MPC 模块 360 可以将目标废气门打开面积 266 设置到用于目标废气门打开面积 266 的 N 个值的序列中的 N 个值中的第一个、将目标节气门打开面积 267 设置到用于目标节气门打开面积 267 的 N 个值的序列中的 N 个值中的第一个、将目标 EGR 打开面积 268 设置到用于目标 EGR 打开面积 268 的 N 个值的序列中的 N 个值中的第一个、将目标进气凸轮移相器角度 269 设置到用于目标进气凸轮移相器角度 269 的 N 个值的序列中的 N 个值中的第一个、以及将目标排气凸轮移相器角度 270 设置到用于目标排气凸轮移相器角度 270 的 N 个值的序列中的 N 个值中的第一个。在下一控制循环期间，MPC 模块 360 识别可能序列、生成可能序列的预测响应、确定可能序列中每一个的成本、选择可能序列中的一个、并且将目标值 266-270 设置到所选可能序列中的目标值 266-270 的第一集合。

[0141] 约束设置模块 352 可以设置致动器约束 364。通常，约束设置模块 352 可以将用于节气门 112、EGR 阀 170、废气门 162、进气凸轮移相器 148 和排气凸轮移相器 150 的致动器

约束 364 分别设置到预定的可接受范围。MPC 模块 360 识别可能序列，使得目标值 266–270 分别保持在致动器约束 364 内。

[0142] 约束设置模块 352 在一些情况下可以选择性地调整致动器约束。例如，约束设置模块 352 可以为给定的发动机致动器调整致动器约束，以便在该发动机致动器中诊断出故障时缩窄该发动机致动器的可能的目标的范围。仅仅作为另一示例，约束设置模块 352 可以调整致动器约束，使得给定致动器的目标值遵循用于诸如凸轮移相器故障诊断或 EGR 诊断的故障诊断的预定计划。

[0143] 感测值 368 可以使用传感器来测量，或基于使用一个或多个传感器测量的一个或多个值来确定。可以例如基于在前一预定时期内相对于预定 CA50 而言的实际 CA50 来确定实际燃烧定相 372。在预定时期内 CA50 相对于预定 CA50 的延迟可以表明：多余的能量已输入到排气系统 134。因此 MPC 模块 360 可以增加目标废气门打开面积 266，以消除排气系统 134 中多余的能量。否则，多余的能量会导致涡轮增压器的增压增加。

[0144] 现在参看图 4，提供了描绘使用 MPC（模型预测控制）来控制节气门 112、进气凸轮移相器 148、排气凸轮移相器 150、废气门 162 和 EGR 阀 170 的示例性方法的流程图。控制过程可以始于 404，其中，扭矩请求模块 224 基于调整的预测扭矩请求 263 和调整的即时扭矩请求 264 来确定空气扭矩请求 265。

[0145] 在 408 中，扭矩转化模块 304 可以将空气扭矩请求 265 转化为基本空气扭矩请求 308 或适合由设定点模块 312 使用的另一种扭矩。在 412 中，设定点模块 312 基于基本空气扭矩请求 308 和发动机速度 316 生成经受设定点约束 348 的设定点 318–332。设定点模块 312 可以进一步基于汽缸模式 340 和 / 或期望燃烧定相 336 来生成设定点 318–332。

[0146] 在 416 中，MPC 模块 360 使用 MPC 基于设定点 318–332 来生成经受致动器约束 364 的目标值 266–270。更具体而言，如上所述，MPC 模块 360 识别目标值 266–270 的可能序列并且使用模型 376 来生成预测响应。MPC 模块 360 也分别基于预测响应来确定可能序列的成本、基于该成本来选择可能序列中的一个、并且基于所选的可能序列中的目标值中的第一个来设置目标值 266–270。

[0147] 在 420 中，第一转化模块 272 将目标废气门打开面积 266 转化为将施加到废气门 162 的目标占空比 274，第二转化模块 276 将目标节气门打开面积 267 转化为将施加到节气门 112 的目标占空比 278。在 420 中，第三转化模块 280 也将目标 EGR 打开面积 268 转化为将施加到 EGR 阀 170 的目标占空比 282。第四转化模块也可以将目标进气凸轮移相器角度 269 和目标排气凸轮移相器角度 270 分别转化成将施加到进气凸轮移相器 148 和排气凸轮移相器 150 的目标进气占空比和目标排气占空比。

[0148] 在 424 中，节气门致动器模块 116 控制节气门 112 以实现目标节气门打开面积 267，并且移相器致动器模块 158 分别控制进气凸轮移相器 148 和排气凸轮移相器 150 以实现目标进气凸轮移相器角度 269 和目标排气凸轮移相器角度 270。例如，节气门致动器模块 116 可以以目标占空比 278 将信号施加到节气门 112，以实现目标节气门打开面积 267。同样在 424 中，EGR 致动器模块 172 控制 EGR 阀 170 以实现目标 EGR 打开面积 268，并且增压致动器模块 164 控制废气门 162 以实现目标废气门打开面积 266。例如，EGR 致动器模块 172 可以以目标占空比 282 将信号施加到 EGR 阀 170，以实现目标 EGR 打开面积 268，并且增压致动器模块 164 可以以目标占空比 274 将信号施加到废气门 162，以实现目标废气门打开

面积 266。虽然图 4 示出为在 424 之后结束,但是图 4 可以是一个控制循环的示例,并且控制循环可以以预定速率被执行。

[0149] 现在参考图 5A,示出了示例性 MPC 设计装置 504 的功能框图。一个或多个用户(例如,车辆设计工程师)利用 MPC 设计装置 504 来产生并设计 MPC 模块 360 的功能。

[0150] MPC 设计装置 504 可包括建模模块 508,其基于至 MPC 设计装置 504 的用户输入 516 来产生 MPC 数据 512,从而产生 MPC 模块 360 的功能。用户输入 516 可包括来自键盘、鼠标、显示器、和 / 或一个或多个其他合适类型的用户输入装置的用户输入。虽然本公开将针对 MPC 模块 360 的功能进行讨论,但是本公开还适用于其他类型的 MPC 控制器,包括确定用于其他发动机致动器的附加和 / 或其他目标值的 MPC 控制器、用于变速器的致动器的 MPC 控制器、用于混合动力车辆的 MPC 控制器、以及其他类型的 MPC 控制器。

[0151] 用户可设计例如用于确定目标值 266-270 的可能序列、经受致动器约束 364、并且被赋予感测值 368 和实际燃烧定相 372 的代码,以实现设定点 318-332。用户还可设计模型 376、用于确定发动机 102 分别针对目标值 266-270 的识别可能序列的预测响应的代码、以及分别基于设定点 318-332 和预测之间的关系来确定目标值 266-270 的每个可能序列的成本的代码。用户还可设计用于确定将每个预测参数 / 设定点关系在确定成本时加权多少的代码、用于确定使用目标值 266-270 的哪组可能序列的代码、以及用于提供其他功能的代码。用户还可设置其他类型的信息,例如由代码使用的参数 / 变量的标定值、变量类型(例如,整数、浮点数等)。

[0152] 根据基于用户输入 516 产生的 MPC 数据 512,代码发生器模块 520 产生 MPC. c 文件 524 和 MPC. h 文件 528。MPC. c 文件 524 包括用于提供 MPC 模块 360 的功能的源代码,并且包括其他数据。MPC. h 文件 528 包括支持 MPC. c 文件 524 的各种数据,例如变量声明和其他类型的数据。具有文件扩展名 .h 的文件可被称为头文件。具有文件扩展名 .c 的文件可被称为代码文件。

[0153] 例如, MPC. c 文件 524 包括用于确定目标值 266-270 的可能序列、经受致动器约束 364、并且被赋予感测值 368 和实际燃烧定相 372 的代码,以实现设定点 318-332。MPC. c 文件 524 还包括用于模型 376 的代码、用于确定发动机 102 分别针对目标值 266-270 的识别可能序列的预测响应的代码、分别基于设定点 318-332 和预测之间的关系来确定目标值 266-270 的每个可能序列的成本的代码、用于确定将每个预测参数 / 设定点关系在确定成本时加权多少的代码、用于确定使用目标值 266-270 的哪组可能序列的代码、以及用于执行 MPC 模块 360 的其他功能的代码。

[0154] 如图 5A 所示,代码发生器模块 520 还可基于用户输入 516 产生包括 MPC 标定数据 532 的单独文件。例如,代码发生器模块 520 可产生诸如逗号分隔值 (CSV) 文件的文件,其包括 MPC 标定数据 532。MPC 标定数据 532 包括用于由 MPC. c 文件 524 的代码使用的参数的用户设定值。例如,存储在 MPC. c 文件 524 中的代码可调用各种参数,并且这些参数的值被存储在 MPC 标定数据 532 中。标定值可以是由逗号或逗号分隔值分开的值的形式。

[0155] 如图 5B 所示,代码发生器模块 520 相反可产生 MPC. h 文件 536,其包括被包括在 MPC. h 文件 528 中的数据以及 MPC 标定数据 532。解析器模块 538 可解析 MPC. h 文件 536 以识别 MPC 标定数据 532 并将 MPC. h 文件 536 分离为 MPC. h 文件 528 和包括 MPC 标定数据 532 的文件。仅作为示例,解析器模块 538 可识别存储在 MPC. h 文件 536 中的值(对应于

MPC 标定数据 532)、产生用于 MPC 标定数据 532 的另一文件、以及将所述值移动到用于 MPC 标定数据 532 的文件。

[0156] 现参考图 5A 和 5B, MPC 设计装置 504 可包括编译器模块 540, 并且包括输入 / 输出 (I/O) 端口 544。MPC 设计装置 504 经由 I/O 端口 544 以及车辆的 I/O 端口与 MPC 设计装置 504 通信。例如, MPC 设计装置 504 可经由连接在 I/O 端口 544 与车辆的 I/O 端口之间的线缆来通信。

[0157] 编译器模块 540 编译 MPC. c 文件 524 和 MPC. h 文件 528 以产生目标文件(包括基于 MPC. c 文件 524 和 MPC. h 文件 528 产生的目标代码), 该目标代码适于由 ECM 114 执行并使用。虽然解析器模块 538 被示出并讨论为在编译器模块 540 执行编译之前来解析 MPC. h 文件 528, 但是 MPC. h 文件的解析以及 MPC 标定数据 532 至单独文件的转换可以在执行编译之后被执行。目标代码和 MPC 标定数据 532 被分开地存储, 如在下文进一步讨论的。

[0158] 现在参考图 6, 示出了对应于 MPC 模块 360 的 ECM 114 的示例性部分的功能框图。ECM 114 包括一个或多个有形计算机可读介质, 例如存储器 604。编译器模块 540 可将 MPC 目标代码 602 和 MPC 标定数据 532 存储在存储器 604 中或其他合适有形计算机可读介质中。MPC 目标代码 602 源自于 MPC. c 文件 524 和 MPC. h 文件 528 的编译, 并且包括基于 MPC. c 文件 524 和 MPC. h 文件 528 产生的目标代码。

[0159] 车辆包括第一 I/O 端口 606, MPC 设计装置 504 可经由第一 I/O 端口 606 与车辆通信。第一 I/O 端口 606 可包括例如自我诊断接头 (ALDL) 端口或车载诊断 (OBD) 顺应性 I/O 端口。例如, MPC 设计装置 504 可通过在 MPC 设计装置 504 和第一 I/O 端口 606 之间连接的线缆与车辆来通信。

[0160] 编译器模块 540 基于当存储 MPC 目标代码 602 时 MPC. c 文件 524 和 MPC. h 文件 528 (或 MPC 目标代码 602) 的版本或标识符来更新 MPC 代码标识符 608。编译器模块 540 还基于当存储 MPC 标定数据 532 时 MPC 标定数据 532 的版本或标识符来更新 MPC 标定标识符 612。

[0161] ECM 114 包括诸如处理器 616 的一个或多个处理器, 其执行所述目标代码以提供 ECM 114 的功能。例如, 为了执行 MPC 模块 360 的功能, 处理器 616 利用存储在 MPC 标定数据 532 中的值来执行 MPC 目标代码 602。虽然本公开将结合仅使用处理器 616 进行描述, 但是在各种实施方式中, MPC 模块 360 的功能可由两个或更多个处理器的组合来提供。

[0162] MPC 目标代码 602 包括由处理器 616 执行以提供 MPC 模块 360 的功能的目标代码。例如, MPC 目标代码 602 包括用于确定目标值 266-270 的可能序列、经受致动器约束 364、并且被赋予感测值 368 和实际燃烧定相 372 的目标代码, 以实现设定点 318-332。MPC 目标代码 602 还包括用于模型 376 的目标代码、用于确定发动机 102 分别针对目标值 266-270 的识别可能序列的预测响应的目标代码、分别基于设定点 318-332 和预测之间的关系来确定目标值 266-270 的每个可能序列的成本的目标代码、用于确定将每个预测参数 / 设定点关系在确定成本时加权多少的目标代码、用于确定使用目标值 266-270 的哪组可能序列的目标代码、以及用于提供由 MPC 模块 360 提供的其他功能的目标代码。

[0163] MPC 标定数据 532 包括由 MPC 目标代码 602 使用的参数的标定值。例如, MPC 目标代码 602 可调用各种标定参数, 并且这些标定参数的值被存储在 MPC 标定数据 532 中。仅作为示例, MPC 标定数据 532 包括用于确定目标值 266-270 的可能序列的由 MPC 目标代码 602

调用的参数的标定值、用于模型 376 的由 MPC 目标代码 602 调用的参数的标定值、用于确定发动机 102 分别针对目标值 266–270 的识别可能序列的预测响应的由 MPC 目标代码 602 调用的参数的标定值。MPC 标定数据 532 还包括用于确定目标值 266–270 的每个可能序列的成本的由 MPC 目标代码 602 调用的参数的标定值、用于确定将每个预测参数 / 设定点关系在确定成本时加权多少的由 MPC 目标代码 602 调用的参数的标定值、以及用于确定使用目标值 266–270 的哪组可能序列的由 MPC 目标代码 602 调用的参数的标定值。

[0164] 编译器模块 540 将 MPC 标定数据 532 存储在存储器 604 的标定部分中。MPC 目标代码 602 与 MPC 标定数据 532 分开地被存储。标定部分可从存储有 MPC.c 文件 524 和 MPC.h 文件 528 的存储器 604 的另一部分分隔开。存储器 604 的标定部分是可读且可重写入的。例如，存储器 604 的标定部分可以是可由与车辆通信的外部装置来读取并重新写入的，所述外部装置例如是服务装置和标定装置，如下文进一步讨论的。

[0165] 存储有 MPC 目标代码 602 的存储器 604 的部分也是可读且可重写入的。例如，MPC 目标代码 602 可由服务装置和标定装置来读取并重新写入。然而，MPC 目标代码 602 相对于 MPC 标定数据 532 来说是较大的。因此，读取以及重新写入 MPC 目标代码 602 与 MPC 标定数据 532 相比需要长得多的时段，所述 MPC 标定数据 532 可以整体地或部分地快速地被更新。

[0166] 不是分开地被存储，MPC 标定数据 532 可以存储在 MPC.h 文件 528 内。然而，如果 MPC 标定数据 532 被存储在 MPC.h 文件 528 内，则每当 MPC 标定数据 532 改变时，MPC.c 文件 524 和 MPC.h 文件 528 会必须被再编译并且得到的 MPC 目标代码会必须再次存储在存储器 604 中。每当 MPC 标定数据 532 改变时再编译 MPC.c 文件 524 和 MPC.h 文件 528 以及再次存储得到的 MPC 目标代码的需要是耗时且耗费资源的。

[0167] 当 MPC 标定数据 532 被存储在可读且可重写的存储器 604 的标定部分中时，MPC 标定数据 532 可根据需要被查看并更新。MPC 标定数据 532 可在生产车辆(production vehicle)和设计车辆(design vehicle)中都进行更新。

[0168] 生产车辆包括由车辆制造商生产的旨在供公众使用的车辆。设计车辆包括由车辆制造商使用的车辆，以标定并设置用于生产车辆中的 MPC 标定数据 532。除了第一 I/O 端口 606，设计车辆还包括第二 I/O 端口 618。第二 I/O 端口 618 可包括例如以太网端口或其他合适类型的 I/O 端口。生产车辆并不包括第二 I/O 端口 618。

[0169] 标定装置 620 可在车辆设计期间被使用，并且可经由第二 I/O 端口 618 与 ECM 114 通信。例如，标定装置 620 可经由在标定装置 620 和第二 I/O 端口 618 之间连接的线缆与 ECM 114 通信。标定装置 620 包括一个或多个用户 I/O 装置，例如显示器(其可以是触摸屏显示器) 622、键盘、指针、轨迹球、按钮和开关等。

[0170] 标定装置 620 响应于至标定装置 620 的用户输入借助于存储在标定装置 620 中的一组(不同的) MPC 标定数据选择性地更新 MPC 标定数据 532。标定装置 620 可包括被存储在标定装置 620 内的 MPC 标定数据的一个或多个不同组。

[0171] 每当 MPC 标定数据 532 被更新，则标定装置 620 基于此时存储在存储器 604 中的一组 MPC 标定数据的版本 / 标识符来更新 MPC 标定标识符 612。借助于各种不同组的 MPC 标定数据来操作设计车辆可使得一组 MPC 标定数据被识别用于生产车辆。

[0172] 服务装置 624 可经由第一 I/O 端口 606 与 ECM 114 通信。例如，服务装置 624 可

经由在服务装置 624 和第一 I/O 端口 606 之间连接的线缆与 ECM 114 通信。服务装置 624 包括一个或多个用户 I/O 装置,例如显示器(其可以是触摸屏显示器)、键盘、指针、轨迹球、按钮和开关等。

[0173] 服务装置 624 可例如读取 MPC 标定标识符 612 并且确定 MPC 标定标识符 612 是否不同于可用于该车辆的最新一组 MPC 标定数据的预定标识符。当 MPC 标定标识符 612 不同于该车辆的最新一组 MPC 标定数据的预定标识符时,服务装置 624 可将用于该车辆的最新一组 MPC 标定数据下载到服务装置 624。服务装置 624 可借助于用于该车辆的最新一组 MPC 标定数据来更新 MPC 标定数据 532,并且基于预定标识符来更新 MPC 标定标识符 612。以这种方式,存储在车辆中的 MPC 标定数据 532 在售出之后可被容易地更新,而不必也更新 MPC 目标代码 602。然而,每当 MPC 目标代码 602 被更新时,MPC 代码标识符 608 也被更新。

[0174] 现在参考图 7A,示出了用于产生并存储可由 MPC 设计装置 504 执行的 MPC 目标代码 602 和 MPC 标定数据 532 的示例性方法的流程图。在 704,建模模块 508 接收用于产生 MPC 模块 360 的用户输入 516,并且产生 MPC 数据 512。

[0175] 在 708,代码发生器模块 520 可识别与 MPC 标定数据 532 相对应的用户输入数据。在 712,代码发生器模块 520 产生 MPC.c 文件 524、MPC.h 文件 528、以及包括 MPC 标定数据 532 的文件。在 716,编译器模块 540 编译 MPC.c 文件 524 和 MPC.h 文件 528 以产生 MPC 目标代码 602。在 720,编译器模块 540 将 MPC 目标代码 602 存储在 ECM 114 的存储器 604 中。此外在 720,编译器模块 540 将 MPC 标定数据 532 与 MPC 目标代码 602 分开地存储在 ECM 114 的存储器 604 中。一旦被存储,处理器 616 就利用 MPC 标定数据 532 来执行 MPC 目标代码 602,以产生目标值 266-270。

[0176] 现参考图 7B,示出了描述用于产生并存储可由 MPC 设计装置 504 执行的 MPC 目标代码 602 和 MPC 标定数据 532 的示例性方法的另一流程图。在 804,建模模块 508 接收用于产生 MPC 模块 360 的用户输入 516,并且产生 MPC 数据 512。

[0177] 在 808,代码发生器模块 520 基于用户输入 516 来产生 MPC.c 文件 524 和 MPC.h 文件 536。MPC.h 文件 536 包括 MPC 标定数据 532。在 812,解析器模块 538 识别存储在 MPC.h 文件 536 中的 MPC 标定数据 532。例如,解析器模块 538 可识别与存储在 MPC.h 文件 536 中的 MPC 标定数据 532 相对应的值。在 816,解析器模块 538 将来自 MPC.h 文件 536 的 MPC 标定数据 532 转换为单独文件,以产生 MPC.h 文件 528 以及包括 MPC 标定数据 532 的单独文件。

[0178] 在 820,编译器模块 540 编译 MPC.c 文件 524 和 MPC.h 文件 528 以产生 MPC 目标代码 602。在 824,编译器模块 540 将 MPC 目标代码 602 存储在 ECM 114 的存储器 604 中。此外在 720,编译器模块 540 将 MPC 标定数据 532 与 MPC 目标代码 602 分开地存储在 ECM 114 的存储器 604 中。一旦被存储,处理器 616 就利用 MPC 标定数据 532 来执行 MPC 目标代码 602,以产生目标值 266-270。

[0179] 以上描述在本质上仅是说明性的,并且决不意在限制本公开、其应用或用途。本公开的宽泛教导可以以多种方式实现。因此,尽管本公开包括特定的例子,但是本公开的真实范围不应该受限于此,这是因为其它修改通过研究附图、说明书和所附权利要求将变得显而易见。如本文使用的,短语 A、B 和 C 中的至少一个应该被解释为意味着使用非排他性逻辑或(OR)的逻辑(A 或 B 或 C)。应该理解,在不改变本公开的原理的情况下,可以以不同的

顺序(或并行地)执行方法中的一个或多个步骤。

[0180] 在本申请中,包括以下的定义,术语“模块”可以替换为术语“电路”。术语“模块”可以指代以下器件、是以下器件的一部分或包含以下器件:专用集成电路(ASIC);数字、模拟或混合模/数离散电路;数字、模拟或混合模/数集成电路;组合逻辑电路;现场可编程门阵列(FPGA);执行代码的处理器(共享、专用或成组);存储由处理器执行的代码的存储器(共享、专用或成组);提供描述的功能的其他合适的硬件部件;或上述器件的一些或全部的组合,诸如在片上系统中。

[0181] 上面使用的术语“代码”可以包含软件、固件和/或微代码,并且可以涉及程序、例程、函数、类和/或对象。术语“共享的处理器”涵盖执行来自多个模块的一些或全部代码的单个处理器。术语“成组的处理器”涵盖与附加处理器一起执行来自一个或多个模块的一些或全部代码的处理器。术语“共享的存储器”涵盖存储来自多个模块的一些或全部代码的单个存储器。术语“成组的存储器”涵盖与附加存储器一起存储来自一个或多个模块的一些或全部代码的存储器。术语“存储器”可以是术语“计算机可读介质”的子集。术语“计算机可读介质”不涵盖通过介质传播的瞬态电气和电磁信号,并且因此可被认为是有形的且非瞬态的。非瞬态有形计算机可读介质的非限制性示例包括非易失性存储器、易失性存储器、磁存储装置和光学存储装置。

[0182] 本申请中描述的设备和方法可以通过由一个或更多个处理器执行的一个或更多个计算机程序被部分或全部地实现。计算机程序包含存储在至少一个非瞬态有形计算机可读介质上的处理器可执行指令。计算机程序还可包含和/或依赖于存储的数据。

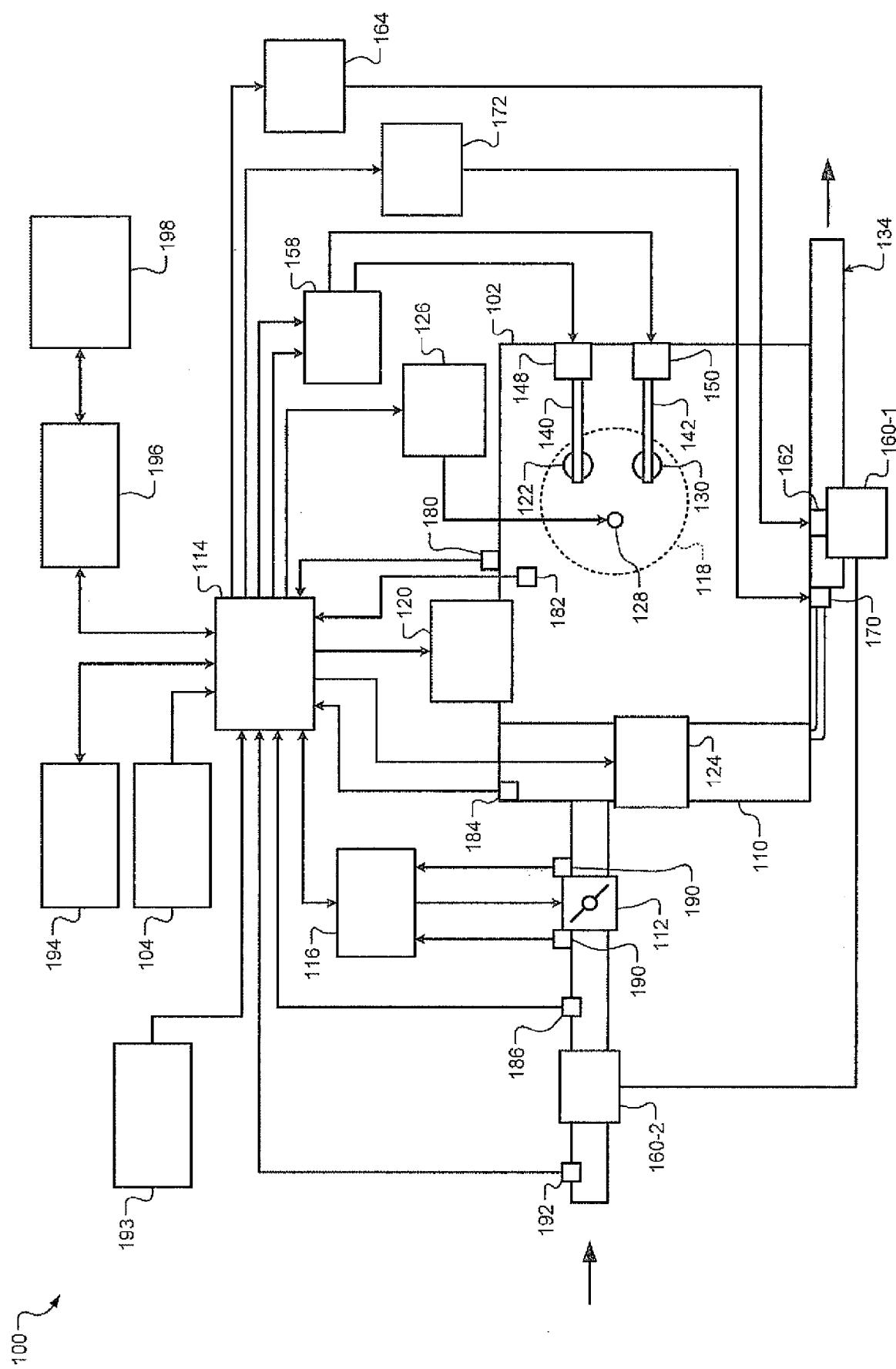


图 1

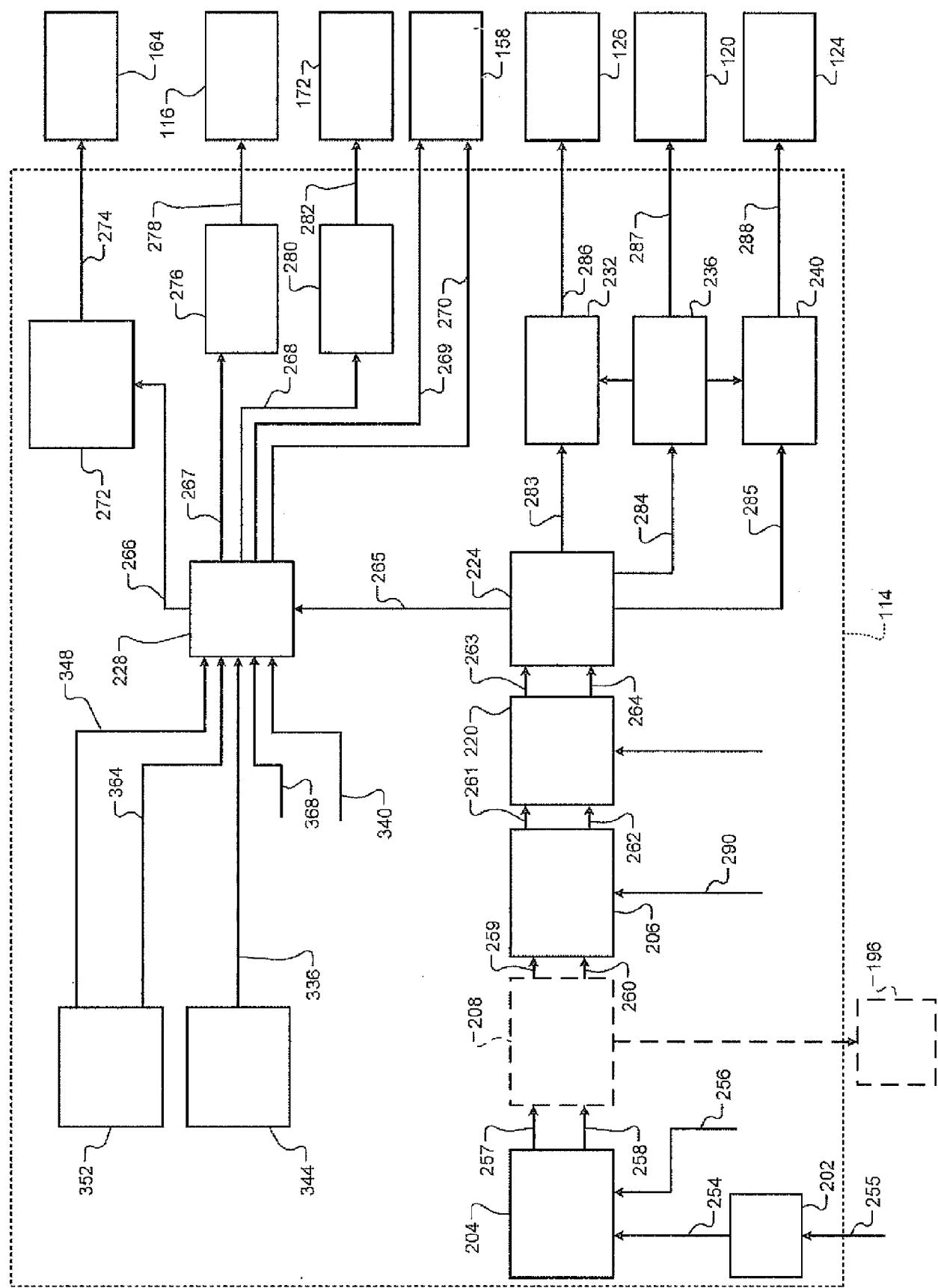


图 2

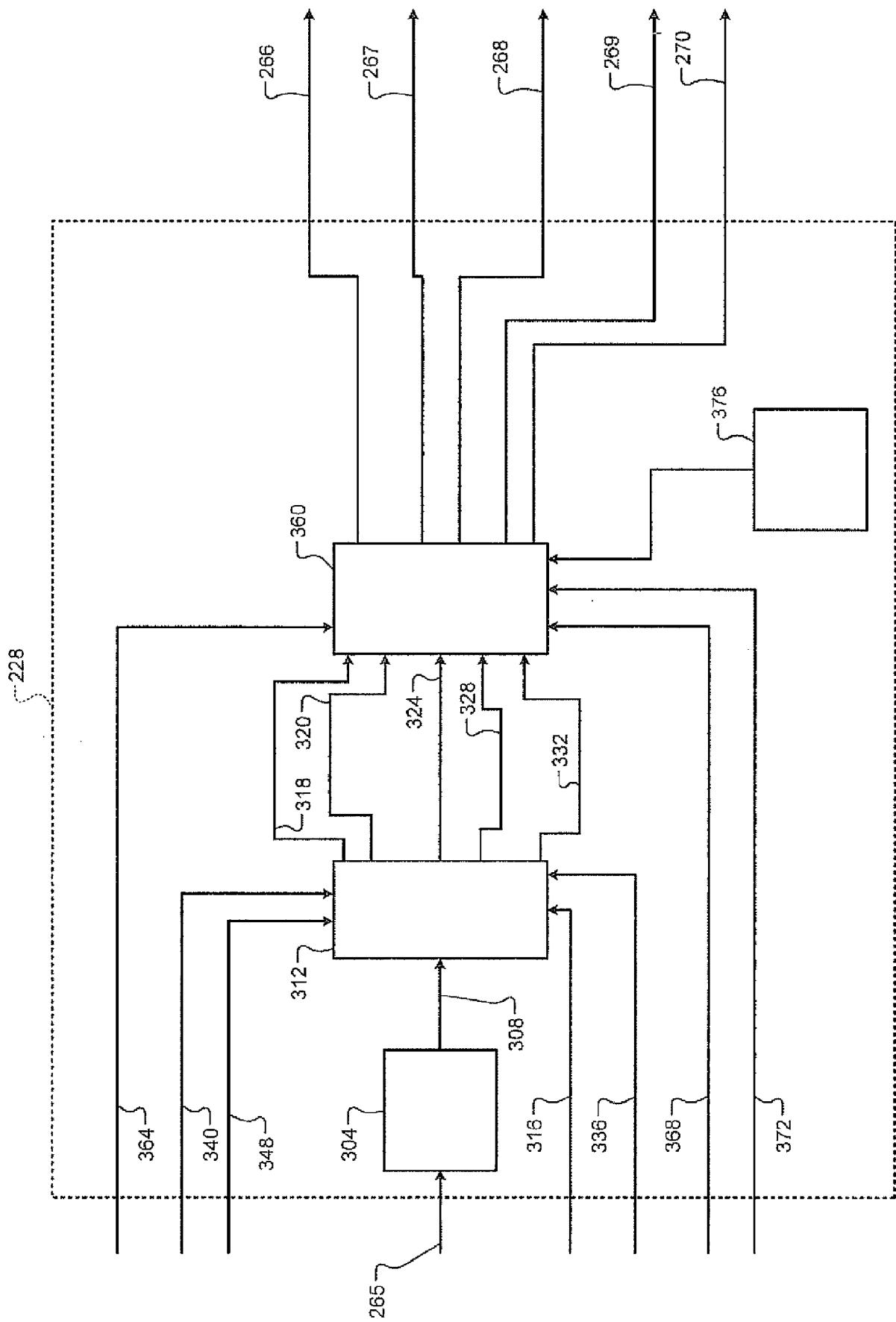


图 3

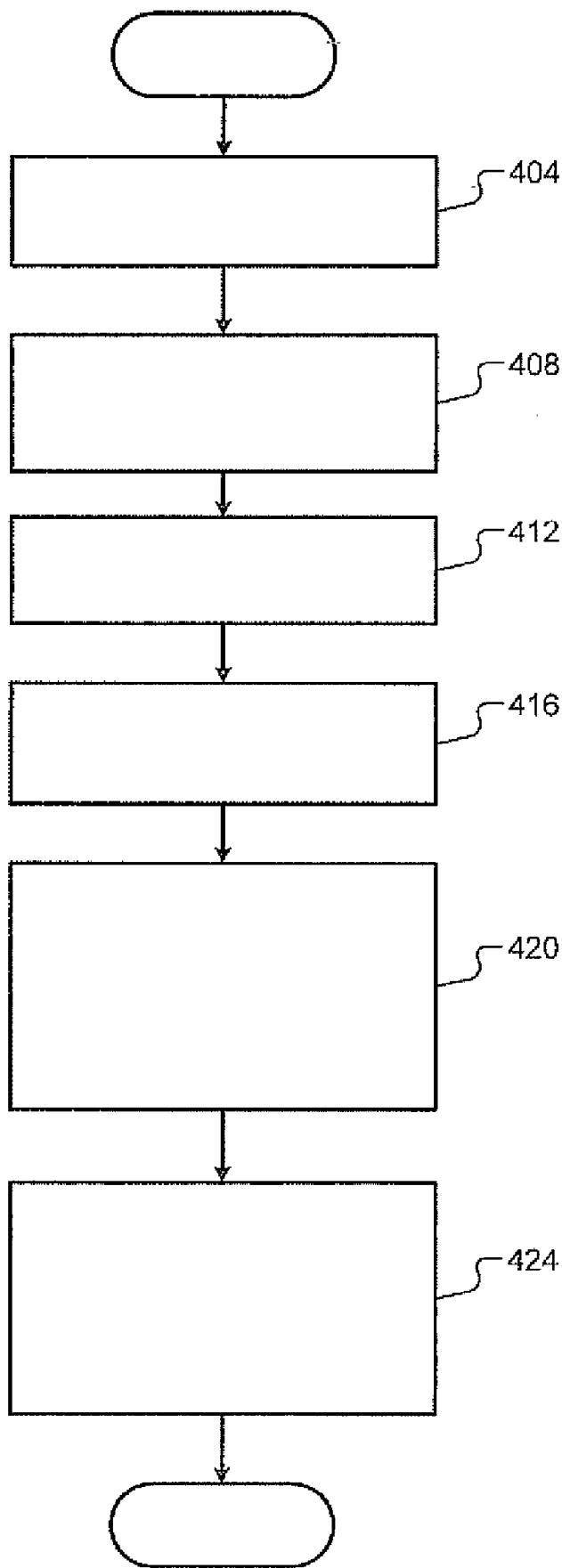


图 4

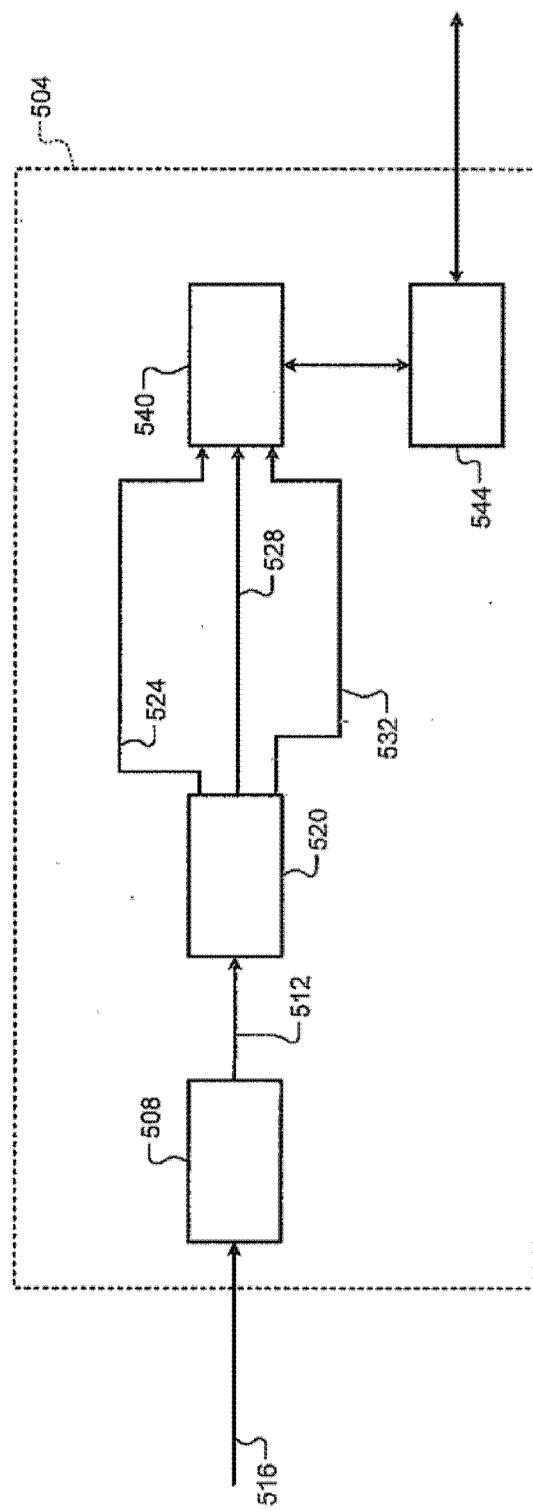


图 5A

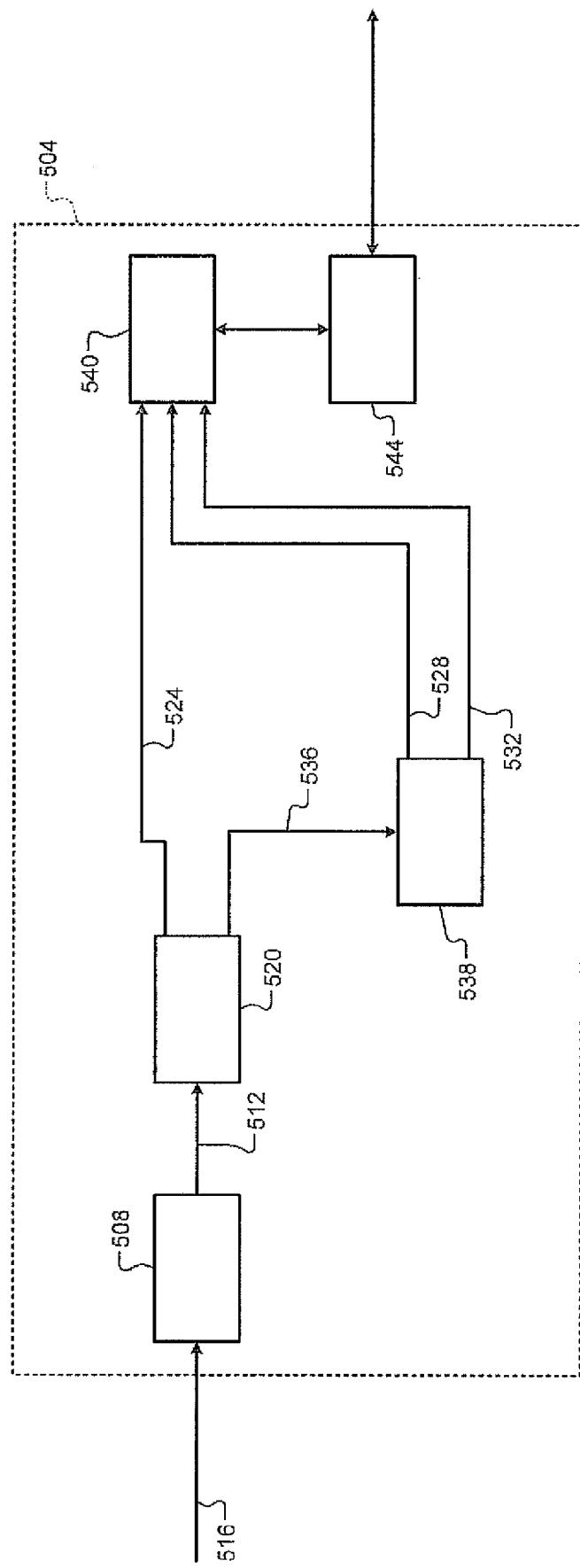


图 5B

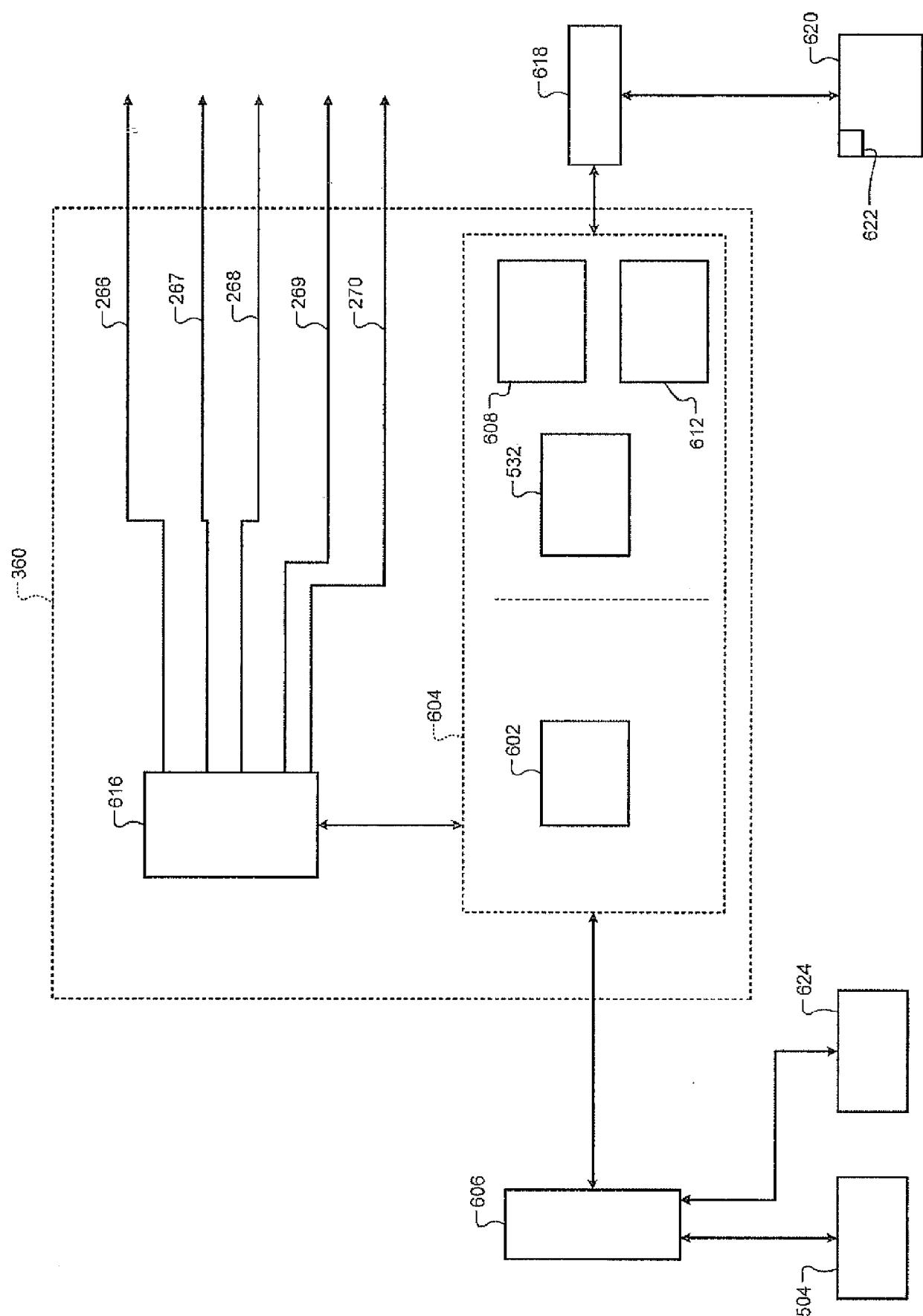


图 6

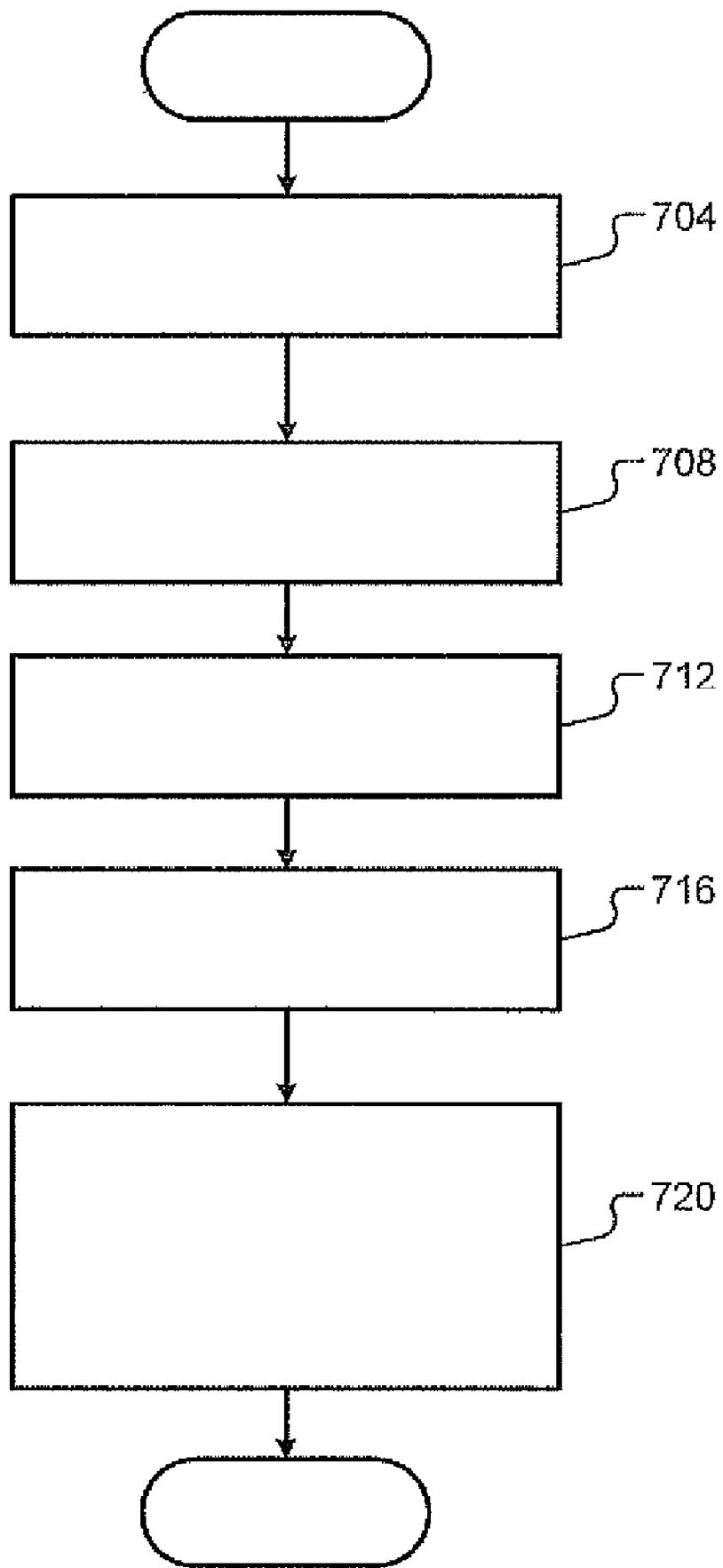


图 7A

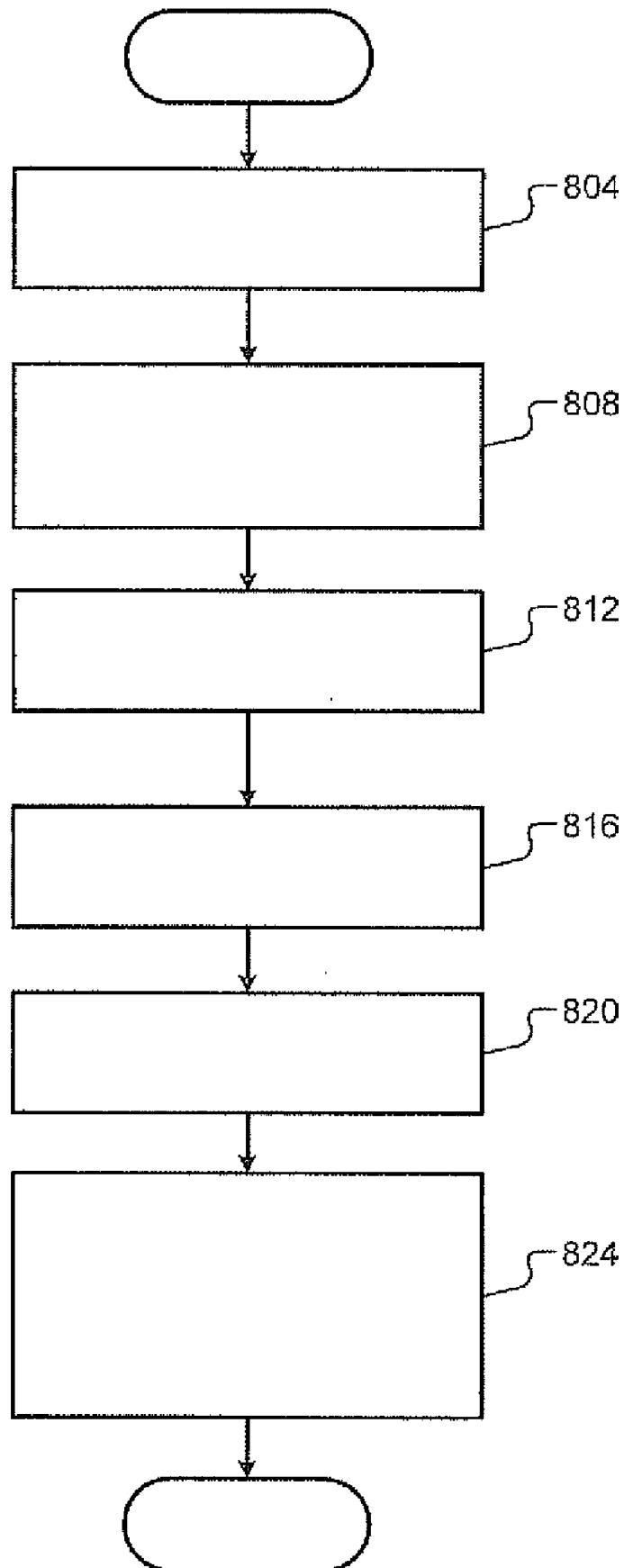


图 7B