



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115989419 A

(43) 申请公布日 2023. 04. 18

(21) 申请号 202180053385.6

(22) 申请日 2021.07.26

(30) 优先权数据

2020902625 2020.07.27 AU

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.02.28

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IB2021/056696 2021.07.26

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2022/023915 EN 2022.02.03

(71) 申请人 尼克斯拉博股份有限公司

地址 美国特拉华

(72) 发明人 A·马亨德拉

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所  
有限公司 11038

专利代理师 郭万方

(51) Int.Cl.

G01R 31/319(2006.01)

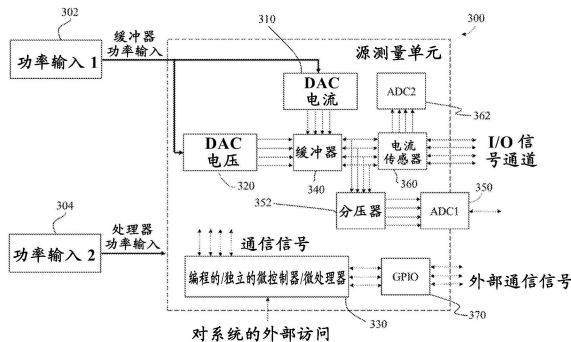
权利要求书5页 说明书19页 附图8页

(54) 发明名称

用于生成和测量电信号的系统和方法

(57) 摘要

公开了一种用于生成和测量电信号的系统。该系统包括被配置为基于控制信号生成一个或多个模拟信号的数模转换器模块,以及一个或多个通道。每个通道包括被配置为电连接到电气设备的输出端子,以及缓冲器电路。缓冲器电路被配置为接收所述一个或多个模拟信号中的一个模拟信号并基于接收到的模拟信号的电压向输出端子提供电压。缓冲器电路还被配置为电连接到电流源并允许电流在电流源和输出端子之间流动。该系统还包括电压测量系统和电流测量系统,其分别被配置为针对每个通道测量该通道的输出端子处的电压和流过的电流。



1. 一种用于生成和测量电信号的系统,该系统包括:
  - 数模转换器模块,被配置为基于控制信号生成一个或多个模拟信号;
  - 一个或多个通道,每个通道包括:
    - 输出端子,被配置为电连接到电气设备;以及
    - 缓冲器电路,被配置为接收所述一个或多个模拟信号中的一个模拟信号并基于接收到的模拟信号的电压向输出端子提供电压,并且还被配置为电连接到电流源并允许电流在电流源和输出端子之间流动;
  - 电压测量系统,被配置为针对每个通道测量指示通道的输出端子处的电压的电压;以及
  - 电流测量系统,被配置为针对每个通道测量流过该通道的输出端子的电流。
2. 如权利要求1所述的系统,其中数模转换器模块是电压源数模转换器模块,该电压源数模转换器模块被配置为基于数字控制信号并基于从电源接收到的电压来控制所述一个或多个模拟信号的电压。
3. 如权利要求1或2所述的系统,其中所述一个或多个模拟信号是一个或多个电压信号,其中控制信号是第一控制信号,其中电流源是电流源数模转换器模块,该电流源数模转换器模块被配置为基于第二控制信号生成一个或多个电流信号,并且针对一个或多个通道中的每个通道,缓冲器电路被配置为接收所述一个或多个电流信号中的一个电流信号,并将该电流信号提供给该通道的输出端子。
4. 如权利要求1至3中的任一项所述的系统,其中数模转换器模块被配置为控制所述一个或多个模拟信号的极性。
5. 如权利要求4所述的系统,其中数模转换器模块包括:
  - 第一端子,被配置为接收第一电压,其中第一电压是参考电压;
  - 第二端子,被配置为接收第二电压,其中第二电压与参考电压不同;以及
  - 第三端子;其中该系统还包括可操作地连接到数模转换器模块的开关模块,该开关模块可在以下状态之间切换:
  - 第一状态,其中第三端子电连接到第一端子以接收参考电压;以及
  - 第二状态,其中第三端子与第一端子电断开且被配置为接收第三电压,其中第三电压与第二电压具有相反的极性。
6. 如权利要求1至5中的任一项所述的系统,其中,对于一个或多个通道中的每个通道,缓冲器电路被配置为:
  - 当电气设备从输出端子汲取电流时,允许电流源向输出端子供应电流;以及
  - 当电气设备向输出端子供应电流时,允许电流源接收来自输出端子的电流。
7. 如权利要求1至6中的任一项所述的系统,其中,对于一个或多个通道中的每个通道,该通道还包括电流限制器,该电流限制器被配置为限制电流源与输出端子之间的电流流动。
8. 如权利要求7所述的系统,其中电流限制器还被配置为:
  - 确定电流源供应给输出端子的电流;
  - 将确定的电流与参考值进行比较;以及

如果确定的电流大于参考值,那么限制由电流源供应给输出端子的电流。

9. 如权利要求8所述的系统,其中电流限制器被配置为通过测量跨电连接在缓冲器电路与输出端子之间的电阻器两端的电压来确定由电流源供应给输出端子的电流。

10. 如权利要求1至9中的任一项所述的系统,其中,对于一个或多个通道中的每个通道,缓冲器电路被配置为阻挡或阻碍数模转换器模块与输出端子之间的电流流动。

11. 如权利要求1至10中的任一项所述的系统,其中,对于一个或多个通道中的每个通道,缓冲器电路向数模转换器模块提供的阻抗比向输出端子提供的阻抗高。

12. 如权利要求1至11中的任一项所述的系统,其中,对于一个或多个通道中的每个通道,缓冲器电路向数模转换器模块提供的阻抗比向电流源提供的阻抗高。

13. 如权利要求1或2所述的系统,其中,对于一个或多个通道中的每个通道,缓冲器电路包括电流源数模转换器,该电流源数模转换器被配置为基于另一个控制信号生成电流信号。

14. 如权利要求1至13中的任一项所述的系统,其中,对于一个或多个通道中的每个通道,缓冲器电路包括缓冲器放大器。

15. 如权利要求14所述的系统,其中缓冲器放大器是电压缓冲器。

16. 如权利要求14所述的系统,其中缓冲器放大器包括运算放大器。

17. 如权利要求14所述的系统,其中缓冲器放大器包括电压跟随器。

18. 如权利要求1或2所述的系统,其中,对于一个或多个通道中的每个通道,输出端子是第一输出端子,该通道还包括第二输出端子,该第二输出端子被配置为电连接到与第一输出端子相同的电气设备,其中缓冲器电路被配置为向第一输出端子和第二输出端子提供与接收到的模拟信号的电压对应的差分电压,并且还被配置为允许电流在电流源与第二输出端子之间流动。

19. 如权利要求18所述的系统,其中缓冲器电路包括单端到差分转换器,该单端到差分转换器被配置为向第一输出端子提供第一电压并向第二输出端子提供第二电压,其中第一电压与第二电压之间的差与接收到的模拟信号的电压对应。

20. 如权利要求1至19中的任一项所述的系统,其中电压测量系统被配置为针对一个或多个通道中的每个通道测量降低的电压,该降低的电压是通道的输出端子处的电压的一部分,其中降低的电压是由分压器产生的。

21. 如权利要求1至20中的任一项所述的系统,还包括测量-读取处理系统,该测量-读取处理系统被配置为:

从电压测量系统接收指示针对每个通道测得的电压的电压数据;

从电流测量系统接收指示针对每个通道测得的电流的电流数据;

基于接收到的电压数据为每个通道确定输出端子处的电压;以及

基于接收到的电流数据为每个通道确定流经输出端子的电流。

22. 如权利要求1至19中的任一项所述的系统,其中电压测量系统包括电压测量模数转换器模块,该电压测量模数转换器模块被配置为:

从每个通道接收指示通道的输出端子处的电压的模拟电压;以及

为每个通道生成表示从通道接收的模拟电压的电压测量信号,其中电压测量信号是数字信号。

23. 如权利要求22所述的系统,其中电压测量模数转换器模块通过分压器电连接到每个通道。

24. 如权利要求22或23所述的系统,其中电流测量系统包括:

一个或多个电流传感器,每个电流传感器被配置为感测流过所述一个或多个通道中的一个通道的输出端子的电流;以及

电流测量模数转换器模块,被配置为:

从每个电流传感器接收指示由电流传感器感测到的电流的模拟信号;以及

为每个通道生成表示从与该通道相关联的电流传感器接收的模拟信号的电流测量信号,其中电流测量信号是数字信号。

25. 如权利要求24所述的系统,还包括测量-读取处理系统,该测量-读取处理系统被配置为:

接收用于每个通道的电压测量信号和电流测量信号;

基于接收到的电压测量信号为每个通道确定该通道的输出端子处的电压;以及

基于接收到的电流测量信号为每个通道确定流经该通道的输出端子的电流。

26. 如权利要求25所述的系统,其中测量-读取处理系统被配置为通过串行外围接口(SPI)或I<sup>2</sup>C与电压测量模数转换器模块和电流测量模数转换器模块通信。

27. 如权利要求21或25所述的系统,还包括通信模块,该通信模块被配置为:

从测量-读取处理系统接收用于一个或多个通道中的每个通道的确定的电压和确定的电流值;以及

将接收到的电压和电流值传输到远程接收器。

28. 如权利要求1至27中的任一项所述的系统,还包括设置-控制处理系统,该设置-控制处理系统被配置为:

生成一个或多个控制信号;

其中数模转换器模块被配置为接收来自设置-控制处理系统的控制信号。

29. 如权利要求28所述的系统,其中设置-控制处理系统被配置为通过串行外设接口(SPI)或I<sup>2</sup>C与数模转换器模块通信。

30. 如权利要求28或29所述的系统,其中设置-控制处理系统和测量-读取处理系统是同一处理系统。

31. 一种用于生成和测量电信号的系统,该系统包括:

电压源数模转换器模块,被配置为基于第一控制信号生成一个或多个电压信号;

电流源数模转换器模块,被配置为基于第二控制信号生成一个或多个电流信号;

一个或多个通道,每个通道包括:

输出端子,被配置为电连接到电子设备;以及

缓冲器电路,被配置为接收所述一个或多个电压信号中的一个电压信号和所述一个或多个电流信号中的一个电流信号,并将接收到的电压信号和接收到的电流信号提供给输出端子;

电压测量系统,被配置为针对每个通道测量指示该通道的输出端子处的电压的电压;以及

电流测量系统,被配置为针对每个通道测量流过该通道的输出端子的电流。

32. 如权利要求31所述的系统,其中,对于一个或多个通道中的至少一个通道,缓冲器电路被配置为放大接收到的电流信号。

33. 一种用于生成和测量电信号的系统,该系统包括:

一个或多个电流源,被配置为基于控制信号生成一个或多个电流信号;

一个或多个通道,每个通道包括被配置为电连接到电气设备的输出端子,其中每个通道被配置为接收所述一个或多个电流信号中的一个电流信号并且将该电流信号提供给通道的输出端子;

电压测量系统,被配置为针对每个通道测量指示通道的输出端子处的电压的电压;以及

电流测量系统,被配置为针对每个通道测量流过该通道的输出端子的电流。

34. 如权利要求33所述的系统,其中所述一个或多个电流源形成电流源数模转换器模块的一部分。

35. 如权利要求33或34所述的系统,其中每个电流源被配置为基于控制信号并基于从电源接收的电功率来控制所述一个或多个电流信号的电流。

36. 如权利要求1至35中的任一项所述的系统,其中该系统是源测量单元。

37. 一种用于监视电力消耗的系统,该系统包括:

一个或多个如权利要求1至36中的任一项所述的用于生成和测量电信号的系统;以及

数据中心,被配置为接收表示由用于生成和测量电信号的所述一个或多个系统中的每个系统的电压测量系统和电流测量系统确定的电压和电流的数据。

38. 一种电表,包括:

如权利要求1至36中的任一项所述的用于生成和测量电信号的系统;

开关模块,被配置为将用于生成和测量电信号的系统电连接到电源,用于向用于生成和测量电信号的系统的有源组件供应电功率;以及

处理系统,被配置为:

接收表示由用于生成和测量电信号的系统的电压测量系统和电流测量系统确定的电压和电流的数据;以及

操作显示设备以显示接收到的数据。

39. 一种用于监视多个独立信号发生器的系统,该系统包括:

多个如权利要求1至36中的任一项所述的用于生成和测量电信号的系统;

配电单元,被配置为从电源接收电功率并将接收到的电功率分配给用于生成和测量电信号的所述多个系统中的每个系统;以及

处理系统,被配置为:

接收表示由用于生成和测量电信号的所述多个系统中的每个系统的电压测量系统和电流测量系统确定的电压和电流的数据;以及

控制用于生成和测量电信号的所述多个系统中的每个系统的运行参数。

40. 一种用于生成和测量电信号的方法,该方法包括:

基于第一控制信号生成一个或多个电压信号;

基于第二控制信号生成一个或多个电流信号;

对于每个电压信号和每个电流信号,通过一个或多个缓冲器电路中的缓冲器电路将电

压信号和电流信号提供给一个或多个输出端子中的输出端子；

为每个输出端子测量指示该输出端子处的电压的电压；以及

为每个输出端子测量指示流过该输出端子的电流。

41. 如权利要求40所述的方法，其中每个缓冲器电路为电压信号提供的阻抗比为电流信号提供的阻抗高。

42. 如权利要求41所述的方法，还包括放大电流信号中的一个或多个电流信号。

## 用于生成和测量电信号的系统和方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于生成和测量电信号的方法和系统。

### 背景技术

[0002] 源测量单元 (SMU), 也称为源测量单元, 是一种被配置为同时供应和测量电信号的电子设备, 其特征可以使用 SMU 的控件进行设置或改变。SMU 通常用在工业和实验室环境中以测试电子组件并准确监视供应给电路的电流和电压。

[0003] 典型的 SMU 是独立的台式设备, 由市电供电或者由电池供电, 并且具有一到四个输出端口。但是, 某些应用需要供应和测量的信号数量超出了典型 SMU 的容量。例如, 光子集成电路可能包含数十个或数百个具有不同功率和感测要求的有源电子元件。

[0004] 此类应用要求多个 SMU, 或者, 如果多个 SMU 不可用, 那么需要多个传感器和信号发生器或电源的组合以单独供应和测量所需数量的电信号。但是, 这些技术方案通常需要较高的成本和空间要求, 而这些都是有限的资源。此外, 控制多个 SMU 或多个传感器、信号发生器和电源的复杂性随着这些设备的数量而迅速增加。

[0005] 期望解决或改善与现有技术相关的一个或多个缺点或限制, 或者至少提供有用的替代方案。

[0006] 本说明书中对任何先前出版物 (或从中得出的信息) 或任何已知事项的引用不是也不应被视为承认或认可或以任何形式暗示该先前出版物 (或从中得出的信息) 或已知事项构成本说明书相关领域的公知常识的一部分。

### 发明内容

[0007] 根据示例方面, 提供了一种用于生成和测量电信号的系统。该系统包括被配置为基于控制信号生成一个或多个模拟信号的数模转换器模块, 以及一个或多个通道。每个通道包括: 输出端子, 被配置为电连接到电气设备; 以及缓冲器电路, 被配置为接收一个或多个模拟信号中的一个模拟信号并基于接收到的模拟信号的电压向输出端子提供电压, 并且还被配置为电连接到电流源并允许电流在电流源和输出端子之间流动。该系统还包括电压测量系统, 被配置为针对每个通道测量指示通道的输出端子处的电压的电压; 以及电流测量系统, 被配置为针对每个通道测量流过该通道的输出端子的电流。

[0008] 在某些实施例中, 数模转换器模块是电压源数模转换器模块, 该电压源数模转换器模块被配置为基于数字控制信号并基于从电源接收到的电压或电功率信号来控制一个或多个模拟信号的电压。在某些实施例中, 一个或多个模拟信号是一个或多个电压信号, 其中控制信号是第一控制信号, 其中电流源是电流源数模转换器模块, 该电流源数模转换器模块被配置为基于第二控制信号生成一个或多个电流信号, 并且针对一个或多个通道中的每个通道, 缓冲器电路被配置为接收一个或多个电流信号中的一个电流信号, 并将电流信号提供给通道的输出端子。

[0009] 在某些实施例中, 数模转换器模块被配置为控制一个或多个模拟信号的极性。在

某些实施例中,数模转换器模块包括:第一端子,被配置为接收第一电压,其中第一电压是参考电压;第二端子,被配置为接收第二电压,其中第二电压与参考电压不同;以及第三端子。在某些实施例中,该系统还包括可操作地连接到数模转换器模块的开关模块,该开关模块可在以下状态之间切换:第一状态,其中第三端子电连接到第一端子以接收参考电压;以及第二状态,其中第三端子与第一端子电断开且被配置为接收第三电压,其中第三电压与第二电压具有相反的极性。

[0010] 在某些实施例中,对于一个或多个通道中的每个通道,缓冲器电路被配置为:当电气设备从输出端子汲取电流时,允许电流源向输出端子供应电流;以及当电气设备向输出端子供应电流时,允许电流源接收来自输出端子的电流。

[0011] 在某些实施例中,对于一个或多个通道中的每个通道,该通道还包括电流限制器,该电流限制器被配置为限制电流源与输出端子之间的电流流动。在某些实施例中,电流限制器还被配置为:确定电流源供应给输出端子的电流;将确定的电流与参考值进行比较;如果确定的电流大于参考值,那么限制由电流源供应给输出端子的电流。在某些实施例中,电流限制器被配置为通过测量跨电连接在缓冲器电路与输出端子之间的电阻器两端的电压来确定由电流源供应给输出端子的电流。

[0012] 在某些实施例中,对于一个或多个通道中的每个通道,缓冲器电路被配置为阻挡或阻碍数模转换器模块与输出端子之间的电流流动。在某些实施例中,对于一个或多个通道中的每个通道,缓冲器电路向数模转换器模块提供的阻抗比向输出端子提供的阻抗高。在某些实施例中,对于一个或多个通道中的每个通道,缓冲器电路向数模转换器模块提供的阻抗比向电流源提供的阻抗高。

[0013] 在某些实施例中,对于一个或多个通道中的每个通道,缓冲器电路包括电流源数模转换器,该电流源数模转换器被配置为基于另一个控制信号生成电流信号。

[0014] 在某些实施例中,对于一个或多个通道中的每个通道,缓冲器电路包括缓冲器放大器。在某些实施例中,缓冲器放大器是电压缓冲器。在某些实施例中,缓冲器放大器包括运算放大器。在某些实施例中,缓冲器放大器包括电压跟随器。

[0015] 在某些实施例中,对于一个或多个通道中的每个通道,输出端子是第一输出端子,该通道还包括第二输出端子,该第二输出端子被配置为电连接到与第一输出端子相同的电气设备,其中缓冲器电路被配置为向第一输出端子和第二输出端子提供与接收到的模拟信号的电压对应的差分电压,并且还被配置为允许电流在电流源与第二输出端子之间流动。在某些实施例中,缓冲器电路包括单端到差分转换器,该单端到差分转换器被配置为向第一输出端子提供第一电压并向第二输出端子提供第二电压,其中第一电压和第二电压之间的差与接收到的模拟信号的电压对应。

[0016] 在某些实施例中,电压测量系统被配置为针对一个或多个通道中的每个通道测量降低的电压,该降低的电压是通道的输出端子处的电压的一部分,其中降低的电压是由分压器产生的。

[0017] 在某些实施例中,该系统还包括测量-读取处理系统,该测量-读取处理系统被配置为:从电压测量系统接收指示针对每个通道测得的电压的电压数据;从电流测量系统接收指示针对每个通道测得的电流的电流数据;基于接收到的电压数据为每个通道确定输出端子处的电压;以及基于接收到的电流数据为每个通道确定流经输出端子的电流。

[0018] 在某些实施例中,电压测量系统包括电压测量模数转换器模块,该电压测量模数转换器模块被配置为:从每个通道接收指示通道的输出端子处的电压的模拟电压;以及为每个通道生成表示从通道接收的模拟电压的电压测量信号,其中电压测量信号是数字信号。在某些实施例中,电压测量模数转换器模块通过分压器电连接到每个通道。

[0019] 在某些实施例中,电流测量系统包括:一个或多个电流传感器,每个电流传感器被配置为感测流过一个或多个通道中的一个通道的输出端子的电流;以及电流测量模数转换器模块,被配置为:从每个电流传感器接收指示由电流传感器感测到的电流的模拟信号;以及为每个通道生成表示从与该通道相关联的电流传感器接收的模拟信号的电流测量信号,其中电流测量信号是数字信号。

[0020] 在某些实施例中,该系统还包括测量-读取处理系统,该测量-读取处理系统被配置为:接收针对每个通道的电压测量信号和电流测量信号;基于接收到的电压测量信号为每个通道确定该通道的输出端子处的电压;以及基于接收到的电流测量信号为每个通道确定流经该通道的输出端子的电流。在某些实施例中,测量-读取处理系统被配置为通过串行外围接口(SPI)或I<sup>2</sup>C与电压测量模数转换器模块和电流测量模数转换器模块通信。

[0021] 在某些实施例中,该系统还包括通信模块,该通信模块被配置为:从测量-读取处理系统接收针对一个或多个通道中的每个通道的确定的电压和确定的电流值;以及将接收到的电压和电流值传输到远程接收器。

[0022] 在某些实施例中,该系统还包括设置-控制处理系统,该设置-控制处理系统被配置为:生成一个或多个控制信号;其中数模转换器模块被配置为接收来自设置-控制处理系统的控制信号。在某些实施例中,设置-控制处理系统被配置为通过串行外设接口(SPI)或I<sup>2</sup>C与数模转换器模块通信。在某些实施例中,设置-控制处理系统和测量-读取处理系统是同一处理系统。

[0023] 根据另一个示例方面,提供了一种用于生成和测量电信号的系统。该系统包括:电压源数模转换器模块,被配置为基于第一控制信号生成一个或多个电压信号;电流源数模转换器模块,被配置为基于第二控制信号生成一个或多个电流信号;以及一个或多个通道。每个通道包括:输出端子,被配置为电连接到电子设备;以及缓冲器电路,被配置为接收一个或多个电压信号中的一个电压信号和一个或多个电流信号中的一个电流信号,并将接收到的电压信号和接收到的电流信号提供给输出端子。该系统还包括:电压测量系统,被配置为针对每个通道测量指示该通道的输出端子处的电压的电压;以及电流测量系统,被配置为针对每个通道测量流过该通道的输出端子的电流。

[0024] 在某些实施例中,对于一个或多个通道中的至少一个通道,缓冲器电路被配置为放大接收到的电流信号。

[0025] 根据另一个示例方面,提供了一种用于生成和测量电信号的系统。该系统包括:一个或多个电流源,被配置为基于控制信号生成一个或多个电流信号;一个或多个通道,每个通道包括被配置为电连接到电气设备的输出端子,其中每个通道被配置为接收一个或多个电流信号中的一个电流信号并且将电流信号提供给通道的输出端子;电压测量系统,被配置为针对每个通道测量指示通道的输出端子处的电压的电压;以及电流测量系统,被配置为针对每个通道测量流过该通道的输出端子的电流。

[0026] 在某些实施例中,一个或多个电流源形成电流源数模转换器模块的一部分。在某

些实施例中,每个电流源被配置为基于控制信号和/或基于从电源接收的电功率来控制一个或多个电流信号的电流。

[0027] 在某些实施例中,任何上面提到的系统都是源测量单元。

[0028] 根据另一个示例方面,提供了一种用于监视电力消耗的系统。该系统包括用于生成和测量如上所述的电信号的一个或多个系统;以及数据中心,被配置为接收表示由用于生成和测量电信号的一个或多个系统中的每个系统的电压测量系统和电流测量系统确定的电压和电流的数据。

[0029] 根据另一个示例方面,提供了一种电表,包括:如上所述用于生成和测量电信号的系统;开关模块,被配置为将用于生成和测量电信号的系统电连接到电源,用于向用于生成和测量电信号的系统的有源组件供应电功率;以及处理系统。处理系统被配置为:接收表示由用于生成和测量电信号的系统的电压测量系统和电流测量系统确定的电压和电流的数据;以及操作显示设备以显示接收到的数据。

[0030] 根据另一个示例方面,提供了一种用于监视多个独立信号发生器的系统。该系统包括:如上所述用于生成和测量电信号的多个系统;配电单元,被配置为从电源接收电功率并将接收到的电功率分配给用于生成和测量电信号的多个系统中的每个系统;以及处理系统。处理系统被配置为:接收表示由用于生成和测量电信号的多个系统中的每个系统的电压测量系统和电流测量系统确定的电压和电流的数据;以及控制用于生成和测量电信号的多个系统中的每个系统的运行参数。

[0031] 根据另一个示例方面,提供了一种用于生成和测量电信号的方法。该方法包括:基于第一控制信号生成一个或多个电压信号;基于第二控制信号生成一个或多个电流信号;对于每个电压信号和每个电流信号,通过一个或多个缓冲器电路中的一个缓冲器电路将电压信号和电流信号提供给一个或多个输出端子中的一个输出端子;为每个输出端子测量指示输出端子处的电压的电压;以及为每个输出端子测量指示流过输出端子的电流。

[0032] 在某些实施例中,每个缓冲器电路为电压信号提供的阻抗比为电流信号提供的阻抗高。在某些实施例中,该方法还包括放大电流信号中的一个或多个。

[0033] 根据另一个示例方面,提供了一种源测量系统,包括:一个或多个处理系统,被配置为生成一个或多个控制信号;以及可操作地耦合到一个或多个处理系统的一个或多个数模转换器和模数转换器。源测量单元被配置为:接收一个或多个控制信号中的一个控制信号;测量电信号输入和输出;以及使用接收到的控制信号生成多个输出电信号。

[0034] 在某些实施例中,源测量单元包括中央数据处理单元、数模和模数转换器,以及被配置为转换累积电信号的传感器。在某些实施例中,控制信号是模拟或数字信号。在某些实施例中,数模转换器具有多范围输出,并且多个输出信号是具有双极性、单极性或差分模式配置的模拟信号。

[0035] 根据另一个示例方面,提供了一种源测量系统。源测量系统包括一个或多个被配置为测量、分析和生成电信号的处理系统。一个或多个处理系统被配置为传送和累积读取数据并且还设置输出信号生成。源测量单元被配置为实现产生和读取包括双极电信号、单极电信号和差分电信号的多个输出。

## 附图说明

- [0036] 下面仅通过示例并参考附图描述本发明的一些实施例,其中:
- [0037] 图1是用于生成和测量具有单端输出的电信号的示例系统;
- [0038] 图2是用于生成和测量具有差分输出的电信号的另一个示例系统;
- [0039] 图3是用于向数模转换器模块供应单极功率的示例连接布置;
- [0040] 图4是用于向数模转换器模块供应双极功率的示例连接布置;
- [0041] 图5是用于生成和测量电信号的另一个示例系统;
- [0042] 图6是用于生成和测量电信号的另一个示例系统;
- [0043] 图7是用于生成和测量电信号的另一个示例系统;
- [0044] 图8是用于生成和测量电信号的另一个示例系统;
- [0045] 图9是用于生成和测量电信号的另一个示例系统;
- [0046] 图10是用于监视电力消耗的示例系统;
- [0047] 图11是示例电表;
- [0048] 图12是用于监视多个独立源测量单元的示例系统;以及
- [0049] 图13是用于生成和测量电信号的示例方法的流程图。

## 具体实施方式

- [0050] 本文描述的是用于产生、测量和/或控制一个或多个电信号的系统和方法。
- [0051] 本发明的实施例提供了一种用于生成和测量电信号的系统,诸如源测量单元或源测量单元(SMU)。该系统包括数模转换器(DAC)模块,该模块被配置为基于控制信号(诸如数字控制信号)生成一个或多个模拟信号或电信号。该系统还有一个或多个通道,这些通道可以被称为功率调节通道或功率通道。每个通道包括被配置为电连接到电气设备的输出或负载端子,以及缓冲器电路。通道的缓冲器电路被配置为接收一个或多个模拟信号中的一个模拟信号并且向输出端子提供可以基于接收到的模拟信号的电压和/或电流信号的电压和/或电流。通道的缓冲器电路还可以被配置为电连接到电源(诸如电流源),以放大、升压、补充或以其它方式控制由缓冲器电路提供给通道的输出端子的电压和/或电流。该系统还包括电压测量系统或装置和电流测量系统或装置。电压测量系统被配置为针对每个通道测量指示通道的输出端子处的电压的电压。电流测量系统被配置为针对每个通道测量流过该通道的输出端子的电流。
- [0052] 通道可以是其中模拟信号的电气特点(例如,电压和/或电流)被调节、控制或调整的电路。每个通道(包括其相应的组件)可以独立于其它通道操作。因此,可以独立于提供给系统的其它通道的输出端子的电压和/或电流来控制提供给通道的输出端子的电压和/或电流。
- [0053] 每个通道可以包括一个或多个输出端子,该输出端子被配置为电连接到电气设备,诸如电气负载或被测设备。因此,每个输出端子可以包括一个或多个电连接器、端口或引脚。电气设备可以是有源或无源设备。每个输出端子被配置为在通道和与其连接的电气设备之间输送电压和/或电流。
- [0054] 每个缓冲器电路可以提供电阻变换,以允许由系统生成的电压和电流驱动连接到输出端子的电气设备或为其供电。每个缓冲器电路可以对输入电压信号呈现高阻抗以及

低输出阻抗。每个缓冲器电路还可以对输入电流信号呈现低阻抗。在一些示例中,缓冲器电路的阻抗将系统的输入级与输出级隔离或分开。示例缓冲器电路包括但不限于缓冲器放大器、电压缓冲器、电流缓冲器和电流源DAC(例如,LTC2662)。

[0055] 每个控制信号可以是数字信号。每个模拟信号可以是包括电压和/或电流的电信号。电压信号可以是模拟信号,其电压值可以被设置、预定或控制。电流信号可以是模拟信号,其电流值可以被设置、预定或控制。每个模拟信号的电压和/或电流可以随时间变化或者可以是恒定的。

[0056] 由电压和电流测量系统分别测得的电压和电流可以指示或表示通道的输出端子处的电压或电流(即,通过测量已知与输出端子处的电压或电流相关的电压或电流来进行的间接测量),或者在其它示例中,可以是输出端子处的电压或电流(即,直接测量)。电压测量系统和电流测量系统可以允许实时确定由每个输出端子或通道提供给与其连接的电气设备的电压和电流。

[0057] 用于生成和测量电信号的系统可以是紧凑的,并且可以提供宽信号输出范围。在一些示例中,该系统是集成系统,被配置为使用数字控制或用软件编程在同一平台中输出单极、双极和/或差模功率范围。在某些示例中,系统提供集成的单独数字和模拟电流读数输出,并且可以配置有任何类型的传感器。

[0058] 因此,用于生成和测量电信号的系统可以用作具有多范围能力的电源(提供电压和电流)和/或用作信号发生器(提供时变电压和/或电流),具有包括单极、双极、单端和差分输出,可通过软件控制。提供给系统的每个输出端子的信号的类型(例如,锯齿、脉冲、正弦)和输出范围可以通过软件控制,诸如通过处理系统控制。用于系统的每个输出端子的双极和单极范围的示例包括但不限于 $\pm 2.5V$ 、 $\pm 5V$ 、 $\pm 10V$ 、 $\pm 20V$ 、 $0V$ 至 $5V$ 、 $0V$ 至 $10V$ 、 $0V$ 至 $20V$ 或 $0V$ 至 $40V$ 以及差分输出模式。

[0059] 本发明的实施例还提供了一种SMU,包括一个或多个DAC电路、被配置成为处理系统生成第一电功率电平的第一电源,以及被配置成为一个或多个缓冲器电路生成第二电功率电平的第二电源。SMU还包括可操作地耦合到一个或多个模数转换器(ADC)电路的一个或多个传感器。每个DAC电路和每个ADC电路被配置为接收一个或多个控制信号中的一个控制信号,并且接收缓冲功率输入和处理功率输入的一部分。

[0060] 每个DAC电路和每个ADC电路可以包括被配置为将控制信号转换成多个中间信号的模块。控制信号可以是数字信号或模拟信号。在一些示例中,多个中间信号是模拟信号。在一些示例中,SMU还包括开关模块,该开关模块被配置为将多个中间信号中的每个中间信号路由到多个信号调节器中的一个信号调节器。在一些示例中,处理系统还被配置为:监视一个或多个数模转换器和分压器输出的多个输出电信号,以及调整一个或多个数模转换器的操作参数以修改相应的多个输出电信号的值。在一些示例中,SMU还包括被配置为从第二电源接收功率的另一部分的电流限制器电路。在一些示例中,SMU还包括被配置为存储用于处理系统的引导加载程序的存储器。在一些示例中,存储器在处理系统外部。在一些示例中,第一电源是单极DC电源。在一些示例中,第二电源是双极DC电源。在一些示例中,第一和/或第二电源是电池、燃料电池和太阳能电池中的一种。在一些示例中,SMU的输出通道在空间上被布置为双极、单极或差分信号输出。

[0061] 本发明的实施例还提供了一种SMU系统,包括多通道DAC、被配置成为处理系统生

成第一电功率电平的第一电源,以及被配置成为一个或多个缓冲器电路生成第二电功率电平的第二电源。SMU系统还包括可操作地耦合到一个或多个模数转换器(ADC)电路的一个或多个传感器。每个DAC电路和每个ADC电路被配置为接收一个或多个控制信号中的一个控制信号,并且接收缓冲功率输入和处理功率输入的一部分。SMU系统还包括与处理系统通信的编程设备,该编程设备被配置为设置处理系统的操作设置。在一些示例中,第一和/或第二电源是AC电源,并且SMU系统还包括被配置为在将其供应给SMU系统之前将来自AC功率的输入电功率转换成单极或双极DC功率的AC-DC转换器。

[0062] 在一些示例中,SMU还包括可操作地耦合到模数转换器的传感器,传感器被配置为:测量源测量单元附近环境的环境特点;以及向处理系统提供指示测得的环境特点的信号。在某些实施例中,处理系统还被配置为响应于接收指示测得的环境特点的信号而调整一个或多个SMU的操作参数以修改相应的多个输出电信号的值。在一些示例中,传感器由与处理器电源输入共享的电源供电。在一些示例中,传感器是电流传感器、电压传感器、功率传感器、红外传感器、温度传感器、湿度传感器和速度传感器之一。

[0063] 将认识到的是,术语“处理系统”可以指任何电子处理设备或系统,或计算设备或系统,或其组合(例如,计算机、web服务器、智能电话、膝上型计算机、微控制器等),并且可以包括云计算系统。处理系统也可以是分布式系统。一般而言,处理/计算系统可以包括一个或多个处理器(例如,CPU、GPU)、存储器组件,以及由至少一条总线连接的输入/输出接口。它们还可以包括输入/输出设备(例如,键盘、显示器等)。还将认识到的是,处理/计算系统通常被配置为执行指令和处理存储在存储器中的数据(即,它们可经由软件编程以对数据执行操作)。

[0064] 图1图示了用于生成和测量电信号的示例系统100。

[0065] 系统100包括电压输出或电压源DAC模块110,其被配置为基于控制信号生成一个或多个电压或电压信号。

[0066] DAC模块110可以包括用于接收一个或多个控制信号的一个或多个输入端子或通道,以及用于输出一个或多个电压信号的一个或多个输出端子或通道。DAC模块110可以被配置为生成一个电压信号或多个电压信号,诸如4、8、16或任何其它数量,因此可以具有对应数量的输出端子。DAC模块110可以包括一个或多个DAC。DAC模块110的每个DAC可以是单通道或多通道DAC。

[0067] 每个电压信号可以是具有电压并且在一些示例中具有电流的模拟信号。控制信号可以是数字信号。DAC模块110可以被配置为从系统100的处理系统120接收或获得控制信号。因此,DAC模块110可以允许对一个或多个模拟电压进行数控调节。

[0068] 每个电压信号的电压可以至少部分地取决于控制信号。每个电压信号的电压还可以至少部分地取决于由电连接到DAC模块110的电源(未示出)供应给DAC模块110的电压。因此,可以通过控制信号和/或通过电源电压来控制每个电压信号的电压。

[0069] 每个电压信号可以独立于其它电压信号进行控制(例如,DAC模块110可以包括多路复用器,用于允许控制信号选择一个或多个电压信号进行控制)。在其它示例中,DAC模块110被配置为基于一个或多个控制信号生成一个或多个电压或电压信号。

[0070] DAC模块110的输出电压范围或跨度可以是软件可配置的或电可控的,例如,通过从处理系统120接收或获得的第二数字控制信号来实现。例如,DAC模块110的输出电压范围

可以在跨越0V至5V的第一范围、跨越0V至10V的第二范围和跨越0V至20V的第三范围之间切换。每个电压范围可以具有相同或相似的分辨率,诸如16位。

[0071] 由DAC模块110生成的电压信号可以是正信号或者负信号(即,具有正电压或负电压的信号)。DAC模块110还可以被配置为控制一个或多个电压信号的极性。DAC模块110被配置为被供以参考电压(例如,接地电压)、高于参考电压的正电压和低于参考电压的负电压。电压可以由电源(诸如双极电源)生成。在其它示例中,DAC模块110被配置为被供以正电压或者负电压。

[0072] 电压调节器130可以电连接到DAC模块110的功率输入端子(例如,正电源端子和参考端子)以减少供应给DAC模块110的功率或电压的波动,以及因此由DAC模块110生成的一个或多个电压信号的电压中的波动。

[0073] DAC模块110可以被配置为在单极和双极操作之间切换,在一些示例中,无需手动改变其与电源的连接,如下面参考图3和4所述。

[0074] 系统100还包括一个或多个通道。为了说明的目的,图1中仅示出了通道140,包括缓冲器电路142和输出端子150,但是应该理解的是,关于通道140或其组件所做的任何陈述也可以适用于系统100及其组件的每个其它通道。每个通道包括缓冲器电路(诸如缓冲器电路142)和输出端子(诸如输出端子150)。

[0075] 可以为由DAC模块110生成的每个电压信号提供分离的通道并将通道与之相关联,因此,在一些示例中,通道的数量与电压信号的数量一样多。在其它示例中,系统100包括任何数量的通道。

[0076] 缓冲器电路142是电压缓冲器,包括具有电压跟随器架构的运算放大器(op-amp)144,也称为单位增益缓冲器放大器。与运算放大器144的非反相输入端子对应的缓冲器电路142的第一输入端子电连接到DAC模块110,用于接收或获得由DAC模块110生成的电压信号之一。与运算放大器144的输出端子对应的缓冲器电路142的输出端子电连接到输出端子150。缓冲器电路142还包括被配置为电连接到电流源(未示出)的两个电源端子(VDD和VSS)。

[0077] 在一些示例中,电流源可以形成电源(诸如与向DAC模块110供应电功率的电源相同的电源或不同的电源)的一部分。在其它示例中,电流源形成电流输出数模转换器的一部分。系统100的两个或更多个通道的缓冲器电路可以被配置为电连接到相同的电流源或不同的电流源。

[0078] 缓冲器电路142被配置为向输出端子150提供电压,该电压基于或取决于由缓冲器电路142从DAC模块110接收的电压信号的电压。由于缓冲器电路142是单位增益缓冲器放大器,提供给输出端子150的电压与接收到的电压信号的电压对应或相似(任何差异都主要是由于连接在运算放大器144与输出端子150之间的组件上的电压降造成的,如下所述)。在其它示例中,缓冲器电路142包括任何其它类型的电压缓冲器放大器,包括放大或以其它方式改变输入电压的电压缓冲器。

[0079] 应该理解的是,由缓冲器电路142接收的电压信号的电压的改变会导致由缓冲器电路142提供给输出端子150的电压的对应改变。由于由缓冲器电路142接收的电压信号可以通过连接到DAC模块110的电源(除了控制信号之外)而可控制,提供给输出端子150的电压也可以说是通过连接到DAC模块110的电源而可控制。因此,在一些示例中,由系统100的

通道输出的电压可以至少部分地通过输入到系统100的电源来控制或改变。

[0080] 输出端子150处的电压的值是参考参考输出端子152处的电压值定义的。系统100可以包括一个或多个参考端子,诸如每个通道一个参考端子。每个参考端子可以被配置为供应相同的参考电压(例如,接地电压)。

[0081] 由于由缓冲器电路142接收的电压信号由运算放大器144的非反相输入端子接收,因此由缓冲器电路142提供给输出端子150的电压的极性与接收到的电压信号的极性对应。在其它示例中,缓冲器电路142被配置为反转接收到的电压信号的极性。

[0082] 缓冲器电路142还被配置为允许电流在电流源与输出端子150之间流动。应该理解的是,电流的流动方向和值可以取决于输出端子150处的电压和/或取决于电连接到输出端子150(和参考输出端子152)的电气设备。当连接到输出端子150的电气设备从输出端子150汲取电流时,缓冲器电路142可以被配置为允许电流从电流源流到输出端子150(即,电流源供应或输送电流)。当电气设备向输出端子150供应电流时,缓冲器电路142可以被配置为允许电流从输出端子150流到电流源(即,电流源接收或吸收电流)。因此,连接到缓冲器电路142的电流源可以同时用作电流源和电流吸收器。

[0083] 由于运算放大器144的电气特点,缓冲器电路142具有高输入阻抗(即,通过运算放大器144的非反相端子的阻抗实现)和低输出阻抗(即,通过运算放大器144的输出端子的阻抗实现)。即,缓冲器电路142向DAC模块110提供或呈现的阻抗比向连接到输出端子150的电气设备提供或呈现的阻抗高,从而实现DAC模块110与输出端子150之间的隔离或增加该隔离。在一些示例中,缓冲器电路142被配置为阻挡、阻止或妨碍DAC模块110与输出端子150之间的电流流动。

[0084] 而且,由于供应给连接到输出端子150的电气设备的电流是由电流源供应的,因此系统100能够向电气设备输送比电气设备直接连接到DAC模块110的情况更多的电流,因为形成DAC模块110的一部分的一个或多个DAC在它们可以供应的电流量方面可能比电流源更受限制。

[0085] 每个通道还可以包括电流限制器,该电流限制器被配置为限制或约束在电流源与通道的输出端子之间流动的电流。一个或多个电流限制器可以操作连接到每个缓冲器电路。

[0086] 在所示示例中,电流限制器包括在与运算放大器144相同的集成电路中。例如,由Texas Instruments OPA548系列运算放大器提供这种布置。

[0087] 电流限制器可以被配置为确定或感测缓冲器电路142与输出端子150之间流动的电流。电流限制器可以通过测量跨串联电连接在缓冲器电路142和输出端子150之间的电阻器146(例如,分流电阻器)两端的电压来做到这一点。在一些示例中,电阻器146是可变电阻器。电阻器146的一端电连接到运算放大器144的集成电路的引脚A2,而电阻器146的另一端电连接到引脚A3。引脚A2和A3被配置为测量或感测其接收到的电压,从而允许确定电阻器146两端的电压以及由此确定流经它的电流。然后,电流限制器可以被配置为将确定的电流与参考值进行比较,并且如果确定的电流大于或(在一些示例中)等于参考值,那么限制由缓冲器电路142供应的电流。参考值可以与由DAC模块110供应给运算放大器144的集成电路的引脚A1的电压对应。在一些示例中,如果电阻器146两端的电压超过施加到引脚A1的控制电压的10%,那么电流限制器限制电流。

[0088] 系统100还包括电压测量系统或模块160,其被配置为针对每个通道确定或测量指示该通道的输出端子处的电压的电压。

[0089] 电压测量系统160包括电压测量(或第一)模数转换器(ADC)模块162。ADC模块162包括用于接收模拟信号的一个或多个输入端子,以及用于基于接收到的模拟信号输出数字信号的一个或多个输出端子。ADC模块162可以包括一个或多个ADC。ADC模块162的每个ADC可以是单通道或多通道ADC。

[0090] ADC模块162的每个输入端子电连接到系统100的通道。所示示例示出ADC模块162的输入端子电连接到缓冲器电路142的输出端子。在其它示例中,ADC模块162的每个输入端子在任何其它点处(包括通道的缓冲器电路的输入端子)电连接到系统100的通道。

[0091] ADC模块162通过分压器164连接到通道140,分压器164包括串联连接的两个电阻器。在其它示例中,分压器是产生作为其输入电压的一小部分或一部分的输出电压的任何电路。以这种方式,由ADC模块162的输入端子接收到的电压是由缓冲器电路142输出的电压的一小部分或一部分。

[0092] ADC模块162被配置为从与其连接的每个通道接收模拟电压,并基于接收到的每个模拟电压生成一个或多个电压测量信号,或者生成表示接收到的每个模拟电压的一个或多个电压测量信号。由ADC模块162输出的每个电压测量信号可以是数字信号。由ADC模块162接收的模拟电压与系统100的输出端子处的电压有关或指示该电压。例如,当分压器164包括具有相同电阻值的两个电阻器时,由ADC模块接收到的模拟电压大约为输出端子150处的电压的一半。通过降低被确定的电压(例如,通过分压器)之后将其输入到ADC模块162,可以通过ADC模块162确定的电压的范围被扩展。

[0093] 因此,使用分压器可以允许电压测量系统160测量超出ADC模块162的输入电压范围的电压。例如,电压测量系统160可以被配置为当ADC模块162的输入电压范围在0V和20V之间时读取量值在0V和40V之间的电压。由ADC模块162输出的电压测量信号然后可以例如在电压值被分压器降低之前被处理以恢复或确定电压值。例如,如果分压器164将由缓冲器电路142输出的电压减半,那么由电压测量信号表示的值可以乘以二以确定由缓冲器电路输出的电压。

[0094] 系统100还包括电流测量系统或模块170,其被配置为针对每个通道确定或测量流经该通道的输出端子的电流。

[0095] 电流测量系统170包括多个电流传感器。每个电流传感器被配置为感测流过系统100的通道的输出端子的电流,并且生成与感测到的电流相关或指示它的模拟信号(诸如模拟电压)。通道140包括串联电连接在缓冲器电路142与输出端子150之间的电流传感器172。其它电流传感器可以类似地布置在系统100的其它通道中。在其它示例中,每个电流传感器可以连接到通道的任何其它点以感测流过通道的输出端子的电流。

[0096] 电流测量系统170包括电流测量(或第二)ADC模块174。ADC模块174包括用于接收模拟信号的一个或多个输入端子,以及用于基于接收到的模拟信号输出数字信号的一个或多个输出端子。ADC模块174可以包括一个或多个ADC。ADC模块174的每个ADC可以是单通道或多通道ADC。

[0097] ADC模块174的每个输入端子都电连接到电流传感器。所示示例示出了电连接到电流传感器172的ADC模块174的输入端子之一。ADC模块174被配置为从与其连接的每个电流

传感器接收或获得与电流传感器感测到的电流有关或指示该电流的模拟信号(例如,模拟电压),并且基于从电流传感器接收的模拟信号生成一个或多个电流测量信号,或者生成表示从电流传感器接收的模拟信号的一个或多个电流测量信号。由ADC模块174输出的每个电流测量信号可以是数字信号。

[0098] 处理系统120还可以被配置为与DAC模块110、ADC模块162和/或ADC模块174通信和/或控制它们。处理系统120可以被配置为通过SPI或通过I<sup>2</sup>C与这些模块中的每一个通信,这可以允许处理系统120同时控制或读取每个模块的多个通道(例如,多达16个通道)。

[0099] 处理系统120还可以被配置为从ADC模块162接收或获得系统100的每个通道的电压测量信号,并且基于系统100的通道的电压测量信号确定或计算由缓冲器电路提供给该通道的输出端子的电压。类似地,处理系统120可以被配置为从ADC模块174接收或获得系统100的每个通道的电流测量信号,并且基于通道的电流测量信号确定或计算流过该通道的输出端子的电流。

[0100] 处理系统120还可以被配置为允许用户操作系统100或与系统100通信。例如,用户可以通过以太网连接、USB连接或任何其它通信接口连接到处理系统120。在一些示例中,处理系统120被配置为运行由用户供应的计算机程序(例如,Python程序)提供的程序或指令。在一些示例中,处理系统120操作显示在显示设备上的图形用户界面(GUI)。GUI可以允许向用户显示数据(诸如来自电压和电流测量系统160和170的测量数据)。GUI还可以允许用户输入用于操作系统100的命令和/或显示电压值、电流值或系统100的任何其它参数。例如,由用户在GUI中录入的命令可以被翻译成SPI命令并由处理系统120发送到DAC模块110,而从ADC模块162或ADC模块174接收的SPI数据可以由处理系统120发送到GUI。在一些示例中,处理系统120包括单板计算机。

[0101] 系统100还包括壳体180,壳体180封住DAC模块110、处理系统120、电压调节器130、通道140(以及系统100的其它通道)、电压测量系统160和电流测量系统170。系统100的每个输出端子的电连接器可以暴露在壳体180的外部或可从壳体180的外部接近以允许电气设备连接到它。在其它示例中,壳体180可以仅封住系统100的所列出的组件中的一些。例如,处理系统120可以重新定位到壳体180的外部,同时仍然能够与壳体180内的模块通信和/或控制它们。

[0102] 壳体180可以是一次性的或可安装在电气装备机架中,诸如被配置为容纳多个电气组件的电气设备机架。在一些示例中,系统100是独立的台式设备。

[0103] 图2图示了用于生成和测量电信号的另一个示例系统200。

[0104] 系统200类似于图1的系统100,但还包括通道210,通道210包括缓冲器电路220,缓冲器电路220被配置为向通道210的第一(或正)输出端子232和第二(或负)输出端子234提供差分电压。

[0105] 为便于说明,图2中仅示出了通道210,但应理解的是,系统200可以包括任何数量(诸如一个或多个)的通道,其被配置为向两个输出端子提供差分电压,并且关于通道210或其组件所做的任何陈述也可以适用于系统200的被配置为输出差分电压的其它通道中的每一个。在一些示例中,系统200包括被配置为输出差分电压的一个或多个通道(诸如通道210)和被配置为输出单端电压的一个或多个通道(诸如图1中的通道140)。

[0106] 缓冲器电路220是单端到差分转换器,包括通过电阻网络或布置彼此电连接的第

一运算放大器222和第二运算放大器224。与运算放大器222的非反相输入端子对应的缓冲器电路220的第一输入端子电连接到DAC模块110,用于接收或获得由DAC模块110生成的电压信号之一。与运算放大器222的输出端子对应的缓冲器电路220的第一输出端子电连接到输出端子232。与运算放大器224的输出端子对应的缓冲器电路220的第二输出端子电连接到输出端子234。运算放大器222和运算放大器224中的每一个还包括被配置为电连接到电流源(未示出)的两个电源端子(VDD和VSS)。两个运算放大器可以连接到同一个电流源或不同的电流源。

[0107] 运算放大器222被配置为向输出端子232提供第一电压,而运算放大器224被配置为向输出端子234提供第二电压。由缓冲器电路220输出的第一电压和第二电压基于或取决于由缓冲器电路220从DAC模块110接收的电压信号的电压。由运算放大器222和224输出的电压的对称性可以取决于电阻器 $R_a$ 和 $R_b$ 的值。而且,缓冲器电路的单端到差分增益可以被表达为 $2 \times R_2/R_1$ ,因此 $R_1$ 的电阻应为 $R_2$ 的两倍以获得单位增益。

[0108] 在一些示例中,电阻器 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_a$ 和 $R_b$ 的值被设置为使得由缓冲器电路220输出的第一电压和第二电压具有相反的极性和相等的量值。这两个电压之间的差可以与由缓冲器电路220接收的电压信号的电压对应或相似。例如,如果输入到缓冲器电路220的电压信号具有10V的电压,那么缓冲器电路220的第一输出电压是大约+5V,而缓冲器电路220的第二输出电压是大约-5V。在其它情况下,例如,缓冲器电路220的两个输出电压可以具有相反的极性但不同的量值。

[0109] 由缓冲器电路220提供的差分信号架构(其中输出电压不参考共享接地)可以减少或消除通道之间的噪声,并且可以提供更好的噪声抑制。由每个通道输出的两个电压之间的噪声可以通过共模抑制被滤除。

[0110] 缓冲器电路220还被配置为允许电流在连接到运算放大器222和224的电流源与输出端子232和234之间流动。输出端子232和234可以被配置为连接到同一个电气设备,从而形成完整的电路,使得当输出端子232和234之一向电气设备供应电流时,输出端子232和234中的另一个从电气设备汲取电流。

[0111] 通道210还包括两个电流限制器,其中每一个电流限制器针对运算放大器222和224中的一个,电流限制器被配置为限制或约束在连接到缓冲器电路220的电流源与输出端子232和234之间流动的电流。每个电流限制器可以被配置为确定或感测在缓冲器电路220和输出端子232和234之一之间流动的电流,例如,通过测量跨连接到缓冲器电路220与相应输出端子之间的电阻器两端的电压。例如,通道220包括串联电连接在运算放大器222与输出端子232之间的第一电阻器226,以及串联电连接在运算放大器224与输出端子234之间的第二电阻器228。

[0112] 电压测量系统240被配置为确定或测量指示输出端子232处的电压的第一电压和指示输出端子234处的电压的第二电压。为此,电压测量系统240包括电压测量ADC模块242,其电连接到输出端子232和234中的每一个以用于接收每个输出端子处的电压。ADC模块242可以包括被配置为测量差分信号的一个或多个ADC,诸如AD7606C。

[0113] 由于通道210的每个输出端子处的电压是通道的总输出电压的一半,因此可能不需要进一步降低由ADC模块242感测到的电压。在其它示例中,ADC模块242通过一个或多个分压器电连接到通道210以用于降低ADC模块242的输入端处的电压,如上面所解释的。ADC

模块242可以被配置为生成表示通道210的两个输出电压的两个电压测量信号。然后可以将两个电压测量信号传输到例如处理系统120,该处理系统120被配置为确定输出端子232和234中的每一个处的电压和/或输出端子232和234两端的总电压。

[0114] 电流测量系统170可以仅被配置为确定或测量流过通道210的输出端子232和234之一的电流。在其它示例中,电流测量系统170被配置为确定或测量流过两个输出端子232和234的电流。

[0115] 因此,系统200可以提供具有可调电流源和/或吸收能力的差分信号输出。系统200还可以允许控制每个差分信号的电流,具有比现有技术更小的空间需求。

[0116] 图3和图4图示了电连接到电源260(诸如DC电源)的示例DAC模块250,诸如图1和图2的DAC模块110。

[0117] DAC模块250包括参考(或第一)输入端子252、正(或第二)输入端子254和第三(或负)输入端子256。参考端子252被配置为从电源260接收参考电压,并且正端子254被配置为从电源260接收正电压。由负端子256接收的电压取决于开关模块258的状态,开关模块258可在两种状态之间切换。如图3中所示,在开关模块258的单极操作(或第一)状态下,负端子256电连接到参考端子252并且被配置为不从电源260接收负电压(即,负端子256与电源260的负输出端子262电断开)。在图4中所示的开关模块258的双极操作(或第二)状态下,负端子256与参考端子252电断开并且被配置为从电源260接收负电压。因此,在单极操作状态下,参考端子252和负端子256被短路并且被配置为接收相同的参考电压,使得DAC模块250被配置为从电源260接收单极正电压。相反,在双极操作状态下,参考端子252和负端子256电断开,正端子254和负端子256接收相反极性的电压,使得DAC模块250被配置为从电源260接收双极(即,正和负)电压。在其它示例中,开关模块258被配置为电连接或电断开正端子254和参考端子252,使得DAC模块250在单极操作期间仅接收负电压。

[0118] 在一些示例中,开关模块258是电可控的,包括可由开关信号操作的一个或多个软开关,使得DAC模块250可以通过软件控制在单极和双极操作之间切换。在其它示例中,开关模块258是可手动控制的,包括一个或多个硬开关或物理开关。用于选择或改变开关模块258的状态的开关信号可以由处理系统(例如,处理系统120)或者由硬开关或软开关的用户操作生成。开关模块258可以包括三路开关、两个继电器或任何其它类型的开关。

[0119] 因此,在一些示例中,系统100和200中的每一个提供能够供应正电压和/或负电压并通过一个或多个通道从单个电源输送和/或吸收电流的SMU,同时测量由每个通道提供的电压和/或电流。系统100和200可以减少为SMU提供多个通道所需的组件的数量,从而允许通道数量按需扩大(在一些示例中,在8和120个通道之间)。系统100和200能够用比现有SMU更少的组件来操作,从而降低成本。在一些示例中,系统100和200允许它们供应的电压和电流的极性/方向是软件可控的,从而增加操作的便利性。而且,系统100和200可以允许控制或选择输出电压和电流范围。系统100或系统200的多个单元可以是菊链式的,例如,通过将系统100或200的输出端子电连接到系统100或200中的另一个的电源输入端子,使得由SMU输出的电压和/或电流变成另一个SMU的输入电压和/或电流,从而扩展通道的总数。

[0120] 图5和图6图示了用于生成和测量电信号的另一个示例系统300。

[0121] 系统300包括电流输出(或第一)DAC模块310和电压输出(或第二)DAC模块320。DAC模块310和320中的每一个可以被配置为从系统300的处理系统330接收分离的数字控制信

号,并且将控制信号转换成多个模拟信号(即,电压和/或电流信号)。每个DAC模块可以独立于系统300的其它DAC模块操作。DAC模块310被配置为基于从处理系统330接收的一个或多个控制信号控制模拟信号的电流,而DAC模块320被配置为基于从处理系统330接收的一个或多个控制信号控制模拟信号的电压。因此,DAC模块310和320的组合允许独立控制模拟信号的电流和电压。

[0122] 系统300还包括多个缓冲器电路340。在一些示例中,每个缓冲器电路340被配置为放大或提升每个中间模拟信号的电流。每个缓冲器电路340可以提供电阻变换以允许由DAC模块310和320生成的电压和电流驱动电气设备或为之供电,在一些示例中,这独立于电气设备的电气特点(例如,阻抗)。每个缓冲器电路340可以包括缓冲器放大器。在一些示例中,每个缓冲器电路340将由DAC模块320生成的电压不变地“传递”到系统300的输出端子,并且通过放大或提升来自DAC模块310的电流来进一步放大供应到输出端子的电功率。因此,每个缓冲器电路340能够供应大于DAC模块310的最大电流输出限制的电流。

[0123] 在一些示例中,如图5中所示,DAC模块310的输出端子电连接到DAC模块320,使得由DAC模块310生成的电流信号在被缓冲器电路340接收之前通过DAC模块320,缓冲器电路340输出它生成的电压信号和DAC模块310生成的电流信号。DAC模块320可以包括被配置为接收由DAC模块310生成的电流信号的一个或多个模拟输入端子;这些模拟输入端子可以与被配置为接收数字控制信号的数字输入端子不同。在图5中所示的构造中,将DAC模块310放置在DAC模块320之前可以是有利的,因为通过DAC模块320的电流信号的衰减可小于通过DAC模块310的电压信号的衰减。在其它示例中,如图6中所示,由DAC模块310生成的电流信号和由DAC模块320生成的电压信号通过不同的电气路径传递到缓冲器电路340,因此可以由缓冲器电路340的不同输入通道接收。

[0124] 系统300还包括电压测量系统,该电压测量系统包括多个分压器352和电压测量(或第一)ADC模块350。每个缓冲器电路340的输出端子通过分压器352电连接到ADC模块350的输入端子。ADC模块350被配置为将从每个分压器352接收的模拟电压转换成表示模拟电压值的数字测量信号。每个分压器352按比例缩小或降低从缓冲器电路340的输出端子接收的电压,然后将其提供给ADC模块350。

[0125] 系统300还包括电流测量系统,该电流测量系统包括多个电流传感器360和电流测量(或第二)ADC模块362。每个电流传感器360可以包括一个或多个测量仪器,被配置为测量流出或流入缓冲器电路340的输出端子的电流,并基于测得的电流生成模拟测量信号(例如,电压)。ADC模块362可以被配置为将从每个电流传感器360接收的模拟测量信号转换成表示测得的电流值的数字测量信号。

[0126] 处理系统330可以被配置为生成一个或多个控制信号,并且将所述控制信号中的至少一个传输或供应到DAC模块310、DAC模块320、ADC模块350、ADC模块362以及系统300的通用输入/输出(GPIO)接口370中的一个或多个。GPIO接口370被配置为允许处理系统330与系统300外部的设备通信。

[0127] 处理系统330还可以被配置为监视系统300的每个I/O信号通道的输出电气特点。在一些示例中,处理系统330至少部分地依赖由系统300的电压和电流测量系统产生的测量信号来监视由每个缓冲器电路340输出的电压和/或电流。处理系统330还可以被配置为通过GPIO接口370从任何其它传感器(包括系统300外部的传感器)接收或获得传感器信号以

监视系统300或其周边环境的任何特点(例如,电压输出、电流输出、温度、湿度)。响应于获得一个或多个传感器或测量信号,处理系统330可以被配置为调整缓冲器电路340的操作参数,调整其控制信号中的一个或多个,和/或调整系统300的任何其它操作参数或信号。以这种方式,处理系统330提供用于监视、生成或计算系统300的信号输出的反馈机构。

[0128] 在一些示例中,处理系统330包括微控制器、微处理器、图形处理单元(GPU)、数字信号处理器、片上系统,和/或一个或多个现场可编程门阵列(FPGA)。

[0129] 系统300可以由两个不同的电源供电:第一电源302和第二电源304。电源302可以是双极电源,被配置为向缓冲器电路340以及DAC模块310和320提供双极电功率。电源304可以是单极电源,被配置为向处理系统330以及系统300的任何其它处理设备或数字设备提供单极电功率。电源302和304可以包括AC-DC电源、开关模式电源、线性调节器、电池、燃料电池、太阳能电池或任何其它类型的DC电源。

[0130] 由电源302供应给DAC模块310和320的功率信号也会影响由DAC模块310生成的电流信号和/或由DAC模块320生成的电压信号,因此影响由系统300的每个通道输出的电压和/或电流。因此,系统300的输出电压和/或电流可以部分地通过控制由电源302输送到DAC模块310和320的功率来控制。

[0131] 在其它示例中,系统300包括电连接到DC-DC转换器的AC-DC转换器。DC-DC转换器可以被配置为接收从AC-DC转换器输出的DC功率,并且生成第一电功率和第二电功率。第一和第二电功率可以具有不同的电压和/或电流值。在一些示例中,第一电功率是双极功率,而第二电功率是单极功率。第一电功率可以供应给缓冲器电路340以及DAC模块310和320,而第二电功率可以供应给处理系统330以及系统300的任何其它处理或数字设备。

[0132] 图7图示了用于生成和测量电信号的另一个示例系统400。

[0133] 系统400包括处理系统410,其被配置为与系统400外部的一个或多个设备通信,例如,通过GPIO 420发送和/或接收来自所述外部设备的一个或多个通信信号。系统400或处理系统410与外部设备之间的通信可以通过任何有线或无线接口发生,诸如RS-232、I<sup>2</sup>C、SPI、USB、Wi-Fi、GPRS、窄带物联网(NB-IoT)、低功率广域网协议(例如,LoRaWAN<sup>TM</sup>)或LAN。处理系统410可以被配置为允许用户设置或修改系统400的操作设置。处理系统410还可以被配置为设置或修改由系统400生成的输出电信号的值。因此处理系统410可以是编程设备,诸如个人计算机、膝上型计算机、嵌入式系统或任何其它处理系统。

[0134] 在一些示例中,GPIO 420连接到显示设备(诸如触摸屏设备),或被配置为通过GPIO 420与处理系统410通信的任何控制机构(诸如开关机构)。

[0135] 系统400还包括被配置为限制由缓冲器电路340输出的电流的电流限制器电路430。电流限制器430和缓冲器电路340可以形成具有数字控制的电路的一部分以实现电流限制设置的控制。可以改变由电流限制器430施加的电流限制以改变由缓冲器电路340输出的电信号的电流范围。

[0136] 在一些示例中,处理系统410包括内置于系统400的微控制器或微处理器,以及用于允许通过预编程处理系统410进行独立或远程操作并动态控制各个输出信号的可编程硬件。系统400也可以以特定方式被编程,诸如通过设置分离的电压限制、电流限制和其它自动化功能。例如,系统400可以允许通过读取和反馈来自外部传感器或换能器的输出来控制稳定其温度、湿度、位置、速度或电流所需的任何设备。

[0137] 图8图示了用于生成和测量电信号的另一个示例系统500。

[0138] 系统500包括设置-控制(或第一)第一处理系统510和测量-读取(或第二)处理系统520。处理系统510和520与路由器530可操作地耦合或通信以允许它们被系统500外部的设备访问或与其通信。

[0139] 处理系统510还与DAC模块320和限制器电路430中的每一个可操作地耦合或通信,以用于设置或控制这些模块的操作设置。处理系统520还与ADC模块350和362中的每一个可操作地耦合或通信,用于从这些模块接收或获得测量信号或数据。不同处理系统之间某些模块的控制与其它模块的监视之间的分离可以允许这些任务被并行执行,使得系统500可以更快地操作。

[0140] 图9图示了用于生成和测量电信号的另一个示例系统600。

[0141] 系统600包括电流输出DAC模块610,该模块610包括被配置为基于从处理系统620接收或获得的控制信号生成一个或多个电流信号的一个或多个电流源。每个电流源可以被配置为电连接到电气设备(通过系统600的输出端子)。因此,系统600允许控制一个或多个输出电流。应该理解的是,一旦来自电流源的电流流过与其连接的电气设备,就可以在系统600的输出端子处生成电压,这取决于电气设备的电流和电气特点(例如,阻抗)。

[0142] 由电源302供应给DAC模块610的功率信号也会影响来自每个电流源的输出电流,因此输出电流可以部分地通过控制由电源302输送到DAC模块610的功率来控制。

[0143] DAC模块610的每个电流源可以提供电阻变换,以允许由DAC模块610生成的电流驱动电气设备或向其供电,在一些示例中,这独立于电气设备的电气特点(例如,阻抗)。在一些示例中,DAC模块610的每个电流源包括缓冲器电路。

[0144] 图10图示了用于监视电力消耗的示例系统700。

[0145] 系统700包括多个SMU 710,这些SMU可以是根据任何前述系统的用于生成和测量电信号的SMU。每个SMU被配置为向一个或多个电气设备供应电功率,并测量或确定供应给一个或多个电气设备的功率(即,电压和电流)。电气设备可以是连接到配电单元712的电气设备,或者它们是通常会在住宅区714(例如,计算机、扬声器、电视、照明)、在工业716、在办公室718或在任何其它领域中的电气设备。

[0146] 系统700还包括数据中心720,该数据中心720被配置为接收表示由每个SMU 710供应和测得的电压和电流的功率测量数据。每个SMU 710可以被配置为将收集到的功率测量数据发送到无线基站收发器(BTS) 722,数据从那里被传送到数据中心720。

[0147] 数据中心720中的功率测量数据可以由中央功率管理系统724(诸如向SMU 710供应功率的电网运营商的中央管理系统)访问。因此,每个SMU 710都可以用作智能电表或千瓦时表,以允许电网的运营商和/或最终用户监视用电量,并且在一些示例中,管理他们的电费单。

[0148] 图11图示了示例电表或千瓦时表750,或用于监视电力消耗的系统。在一些示例中,电表750是用于住宅、办公室或工业空间的电力计费系统。

[0149] 电表750包括SMU 752,它可以是根据任何前述系统的用于生成和测量电信号的SMU。电表750的开关模块包括继电器754和断路器756(诸如微型断路器)。在其它示例中,开关模块包括任何类型的一个或多个开关。开关模块被配置为将SMU 752电连接到电源(诸如电网或干线电源),以向SMU 752的有源组件供应电功率。在一些示例中,电表750还包括被

配置为将来自电源的功率转换或变换成适合为SMU 752供电的水平的一个或多个功率转换器。

[0150] 电表750还包括处理系统758(诸如微控制器),其包括存储器,被配置为接收数据,该数据表示由SMU 752执行的由SMU 752供应给电连接到SMU 752的一个或多个输出端子的一个或多个电气设备或负载760的电压和电流的测量结果。处理系统758还被配置为操作电表750的显示设备762(诸如触摸屏显示器)以显示接收到的数据或从接收到的数据导出的用电信息。

[0151] 电表750还包括通信模块764(诸如无线通信接口),被配置为将由处理系统758接收到的数据发送或提供给例如操作电源的电力提供商。因此,电表750可以被配置为使得能够测量电力提供商的用电并且将使用数据经由无线通信传送到例如电力提供商的数据处理单元。

[0152] 电表750还可以包括能量存储设备766(诸如电池),以及充电模块768,被配置为从电源接收电力并将电能存储在能量存储设备766中。能量存储设备766可以被配置为向SMU 752和电表750的任何其它有源组件(例如,处理系统758、显示设备762和通信模块764)供应电功率,例如,在停电的情况下。

[0153] 图12图示了用于监视多个独立SMU 810的示例系统800,这些SMU可以是根据前述用于生成和测量电信号的系统中的任一个的SMU。

[0154] 每个SMU 810被配置为向一个或多个电气设备或机器820供应电功率,并测量或确定所供应的电功率。设备820可以包括任何电动设备,诸如用在数据中心管理系统、发电厂中使用的设备,或需要操作多个电负载(诸如马达、泵、冷却器或加热器)的任何应用。

[0155] 系统800包括配电单元(PDU)830,该配电单元被配置为从电源840(诸如另一个SMU)接收电功率,并将接收到的电功率分配给PDU 830的多个插座。每个SMU 810电连接到PDU 830的插座以接收由PDU 830分配的电功率的一部分。

[0156] 系统800还包括处理系统或监视系统850,其被配置为接收表示由每个SMU 810确定或测量的电压和电流的数据,并控制每个SMU810的操作参数(例如,通过生成用于控制每个SMU 810的一个或多个数字控制信号)。处理系统850还可以被配置为读取和控制每个电气设备820的电力使用情况,包括电流和电压。

[0157] 系统800还包括服务器860,该服务器860被配置为管理不同SMU 810或SMU 810的传感器之间的短程通信的数据,并作为缓冲器操作以缩放或增加系统800中的被处理系统850监视的SMU 810的数量。系统800的组件之间的通信可以使用任何通信手段,诸如以太网、LAN、NB-IoT、WiFi、LoRAWAN、GPRS和/或包括视线通信或经由光纤线路的光纤通信方法。

[0158] 服务器860可以是通信服务器,被配置为允许不同的SMU 810彼此通信,并且还可以用作中央通信服务器,被配置为允许命令站(诸如处理系统850)通过无线或有线连接与系统800的所有设备通信和/或控制它们。

[0159] 因此,系统800可以提供多个源测量单元810的布置,其允许测量和控制供应给多个设备或机器820的功率。

[0160] 图13图示了用于生成和测量电信号或用于操作源测量单元的示例方法900的流程图。

[0161] 方法900包括基于第一控制信号生成一个或多个电压信号的步骤910。

- [0162] 方法900还包括基于第二控制信号生成一个或多个电流信号的步骤920。
- [0163] 一个或多个电压和电流信号可以由电压源或电流源DAC生成、由电流源生成、由电压源生成或由电源生成。
- [0164] 方法900还包括针对每个电压信号和每个电流信号通过缓冲器电路将电压信号和电流信号提供给输出端子的步骤930。输出端子可以电连接到缓冲器电路。电压信号和电流信号的每一种组合可以通过分离的缓冲器电路提供给分离的输出端子,从而可以有一个或多个输出端子和一个或多个缓冲器电路(例如,每个缓冲器电路针对一个电压信号)。
- [0165] 方法900还包括针对每个输出端子测量指示输出端子处的电压的电压的步骤940。
- [0166] 方法900还包括针对每个输出端子测量指示流过输出端子的电流的步骤950。
- [0167] 前述系统和方法可以提供若干有利效果,诸如以下一项或多项:
- [0168] 1) 通过电压数模转换器和电流数模转换器的组合对电压和电流进行高分辨率控制;
- [0169] 2) 允许双极、单极和差分模式设置的简单切换,数字控件包括电流源和吸收器;
- [0170] 3) 集成缓冲器电路可以降低缓冲器要求和放大器对于大规模通道输出电压和电流范围的要求;
- [0171] 4) 用于电压读取的多ADC可以用简单的分压器结合多ADC布置实现来自传感器的电压的实时读取;
- [0172] 5) 在集成电路中将电压/电流控制和读取分开的处理系统的并联布置可以使数据传输、控制和读取更快;
- [0173] 6) 集成无线设备布置可以精简完整的操作系统,以实现电流和电压读数数据的更快传送;
- [0174] 7) 软件跨度切换可以允许电路被配置有不同的输出范围,而不降低电压和电流的分辨率控制;
- [0175] 8) 从电力分销商和供应商向客户提供更准确和透明的电力数据使用;
- [0176] 9) 提高客户用电意识;
- [0177] 10) 经GPS提供千瓦时表位置以经由GPRS/NB-IoT/LoRaWAN定位设备;
- [0178] 11) 更好的客户满意度(由于经由GPS更容易跟踪客户位置,维修速度更快);
- [0179] 12) 通过用数据监视日常需求来控制用电量;
- [0180] 13) 低成本综合用电监视系统;
- [0181] 14) 实现早期设备故障检测以避免客户电力线路停电;
- [0182] 15) 经由移动电话、移动应用和/或PC跟踪每日和每月用电量;
- [0183] 16) 经由电子邮件/电话/应用接收电费单;
- [0184] 17) 经由支付网关在线支付电费;
- [0185] 18) 允许用户使用其用户ID在线发送投诉和反馈;
- [0186] 19) 实现预付费和后付费电力布置;
- [0187] 20) 用于测量电压、电流和千瓦时的传感器,并且定期经由GPRS/NB-IoT/LoraWan向数据中心发送测量数据;
- [0188] 21) 低功率设备,以实现小型电池/功率备用部署和更长的操作;
- [0189] 22) 实现从千瓦时表远程开/关客户电力线;

[0190] 23) 在智能千瓦时表显示器上显示实时用电量;

[0191] 24) 符合电力标准的紧凑型设备;

[0192] 25) 对通信的GPRS/NB-IoT/LoraWAN/GPS设备支持;以及

[0193] 26) 经由SD卡实现内部记录以进行数据备份。

[0194] 可选实施例也可以说广泛地包括本文提及或指示的部分、元件、步骤和/或特征,单独地或是两个或更多个部分、元件、步骤和/或特征的任何组合,并且在提及具有本发明相关领域中已知等同物的特定完整物的情况下,此类已知等同物被视为并入本文,如同单独阐述一样。

[0195] 贯穿本说明书和随后的权利要求,除非上下文另有要求,否则词语“包括”以及诸如“包括有”或“包括了”之类的变体将被理解为暗示包括所述完整物或步骤或一组完整物或步骤,但不排除任何其它完整物或步骤或一组完整物或步骤。

[0196] 相关申请

[0197] 以下相关申请的原始申请说明书通过引用整体并入本文:2020年7月27日提交的澳大利亚临时专利申请2020902625。

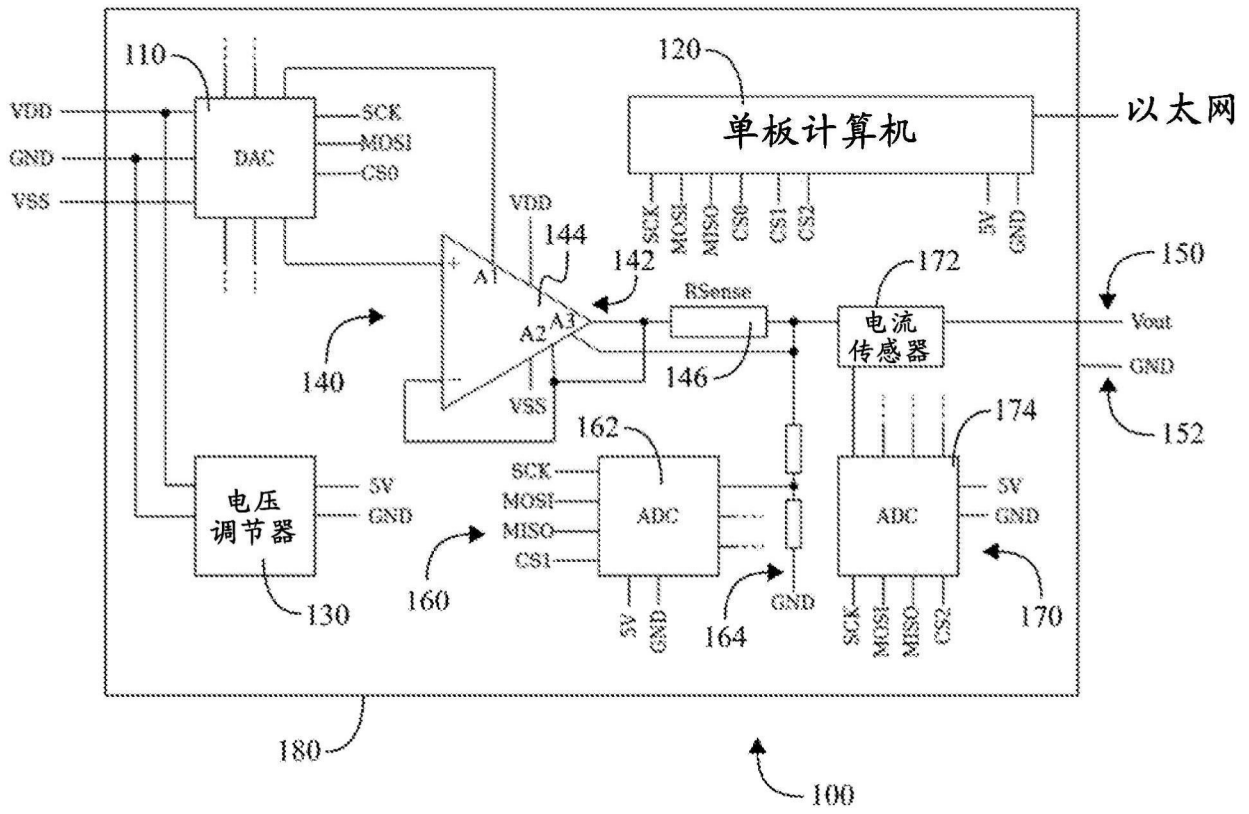


图1

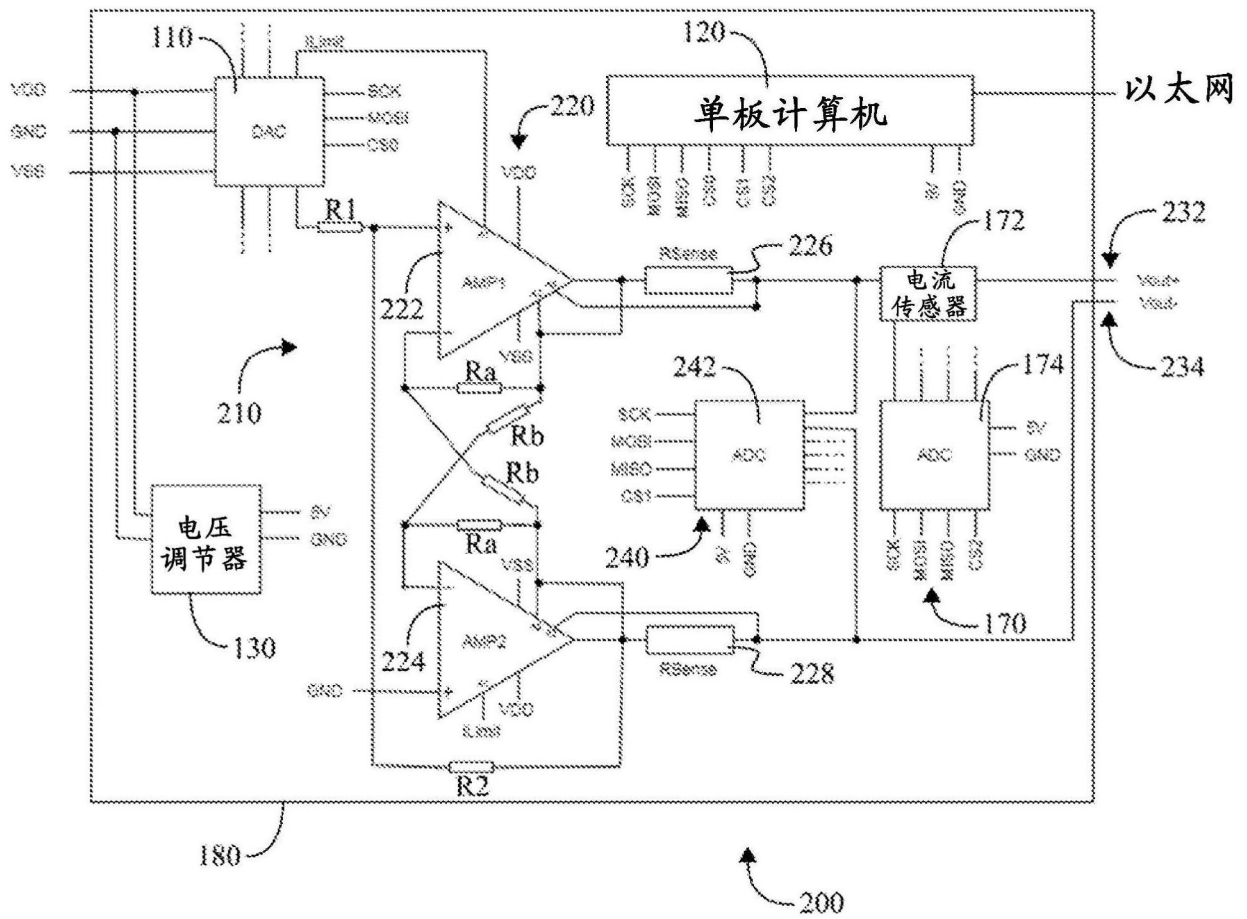


图2

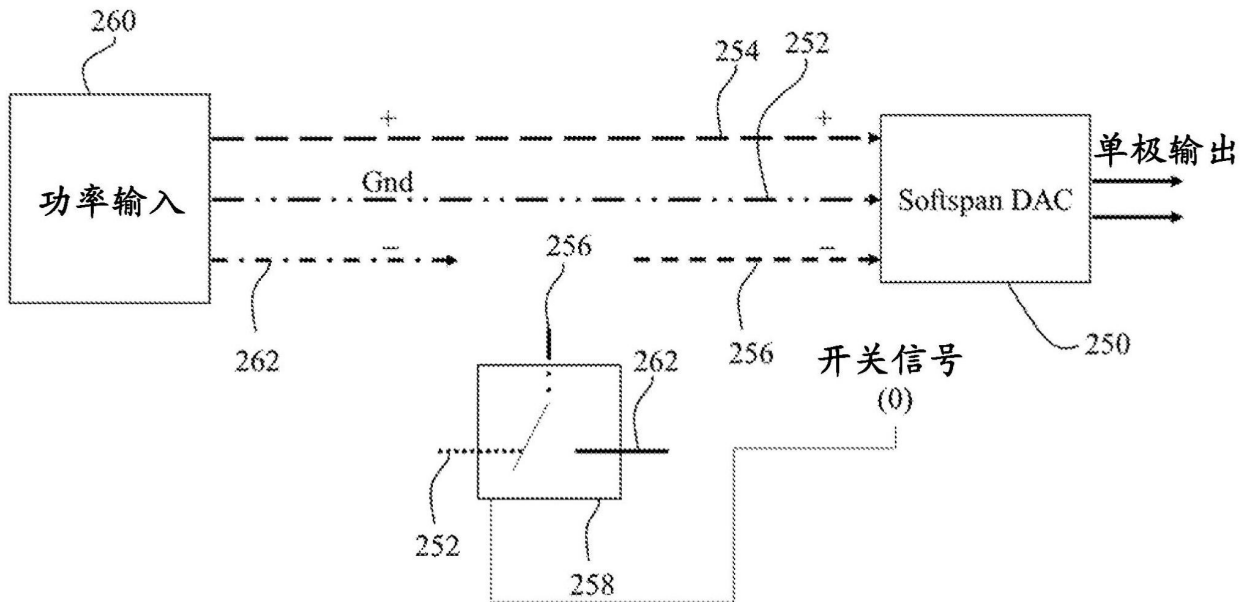


图3

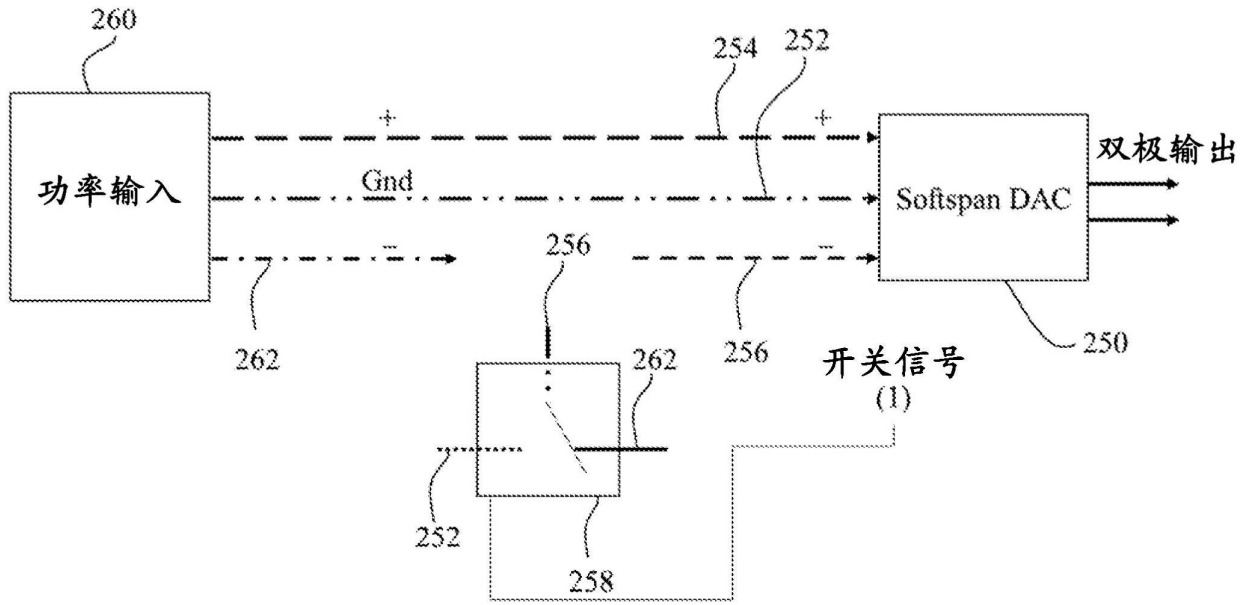


图4

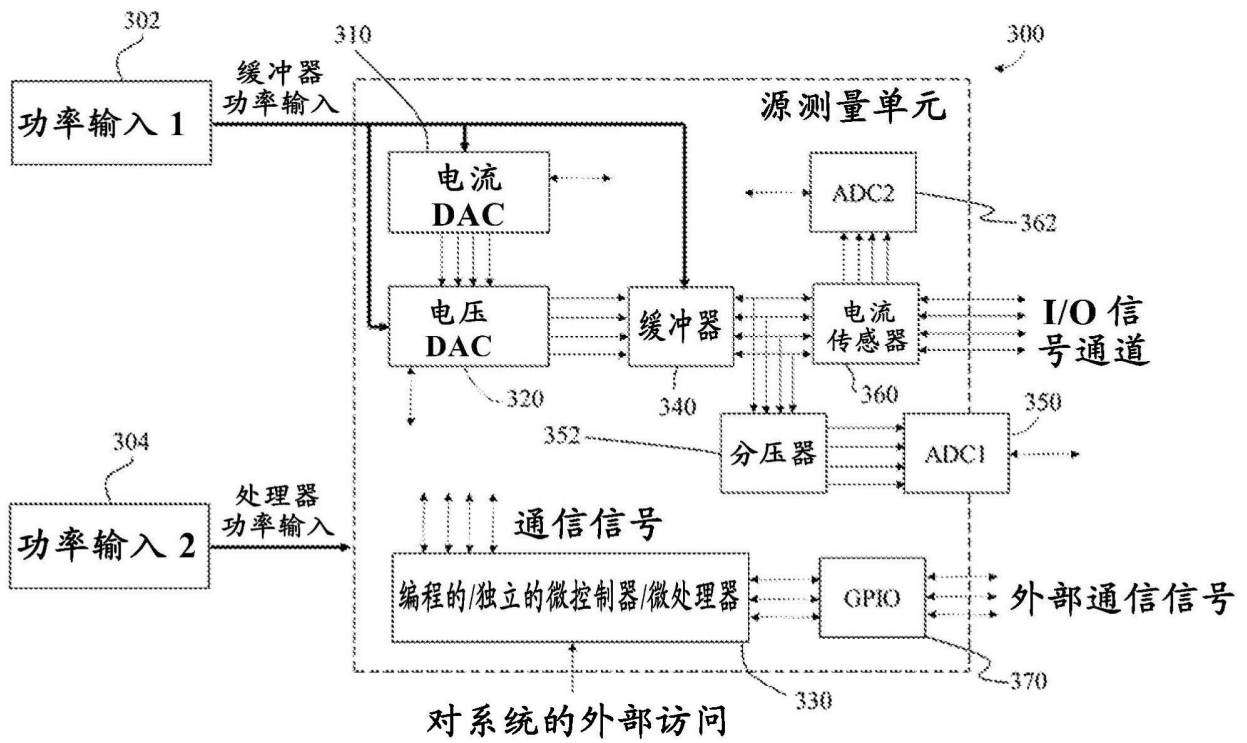


图5

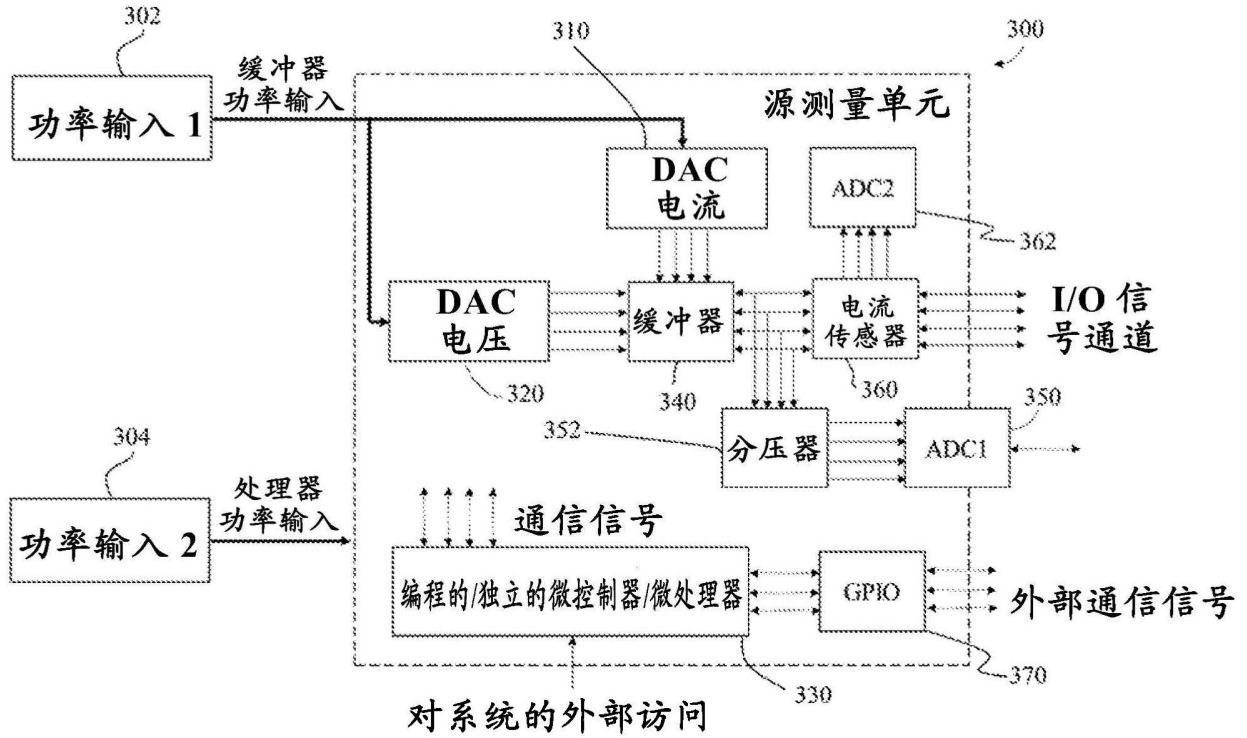


图6

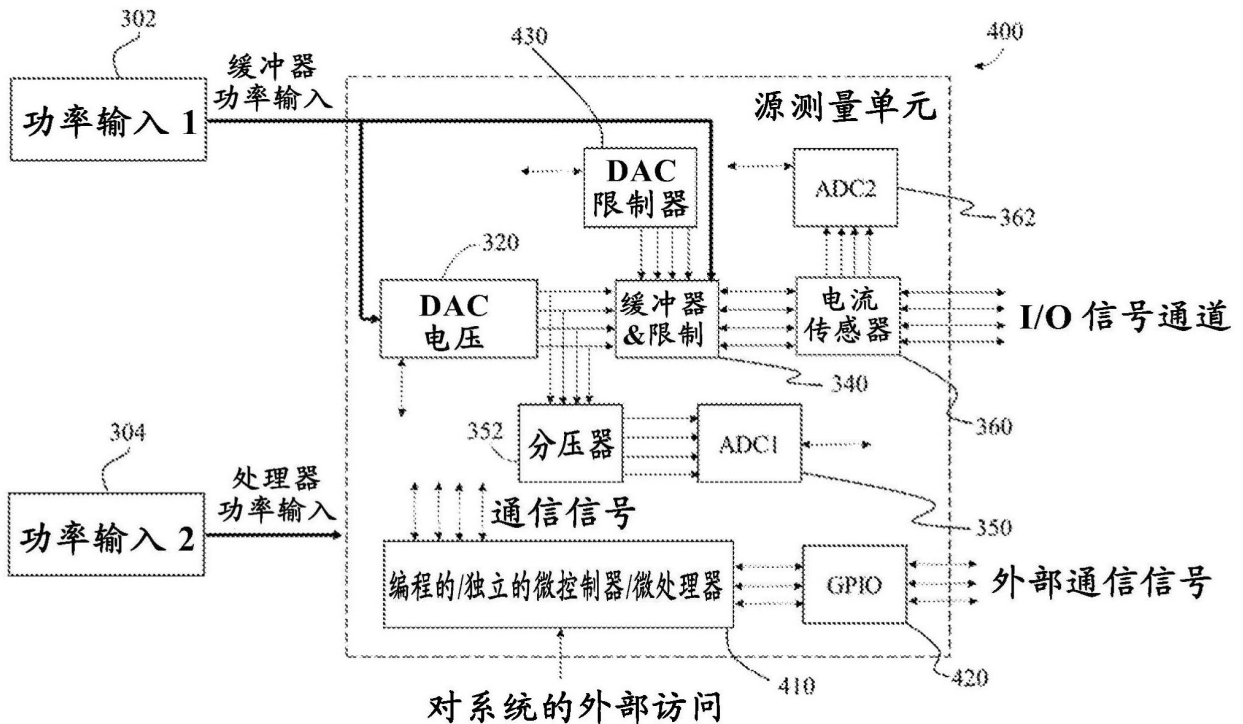


图7

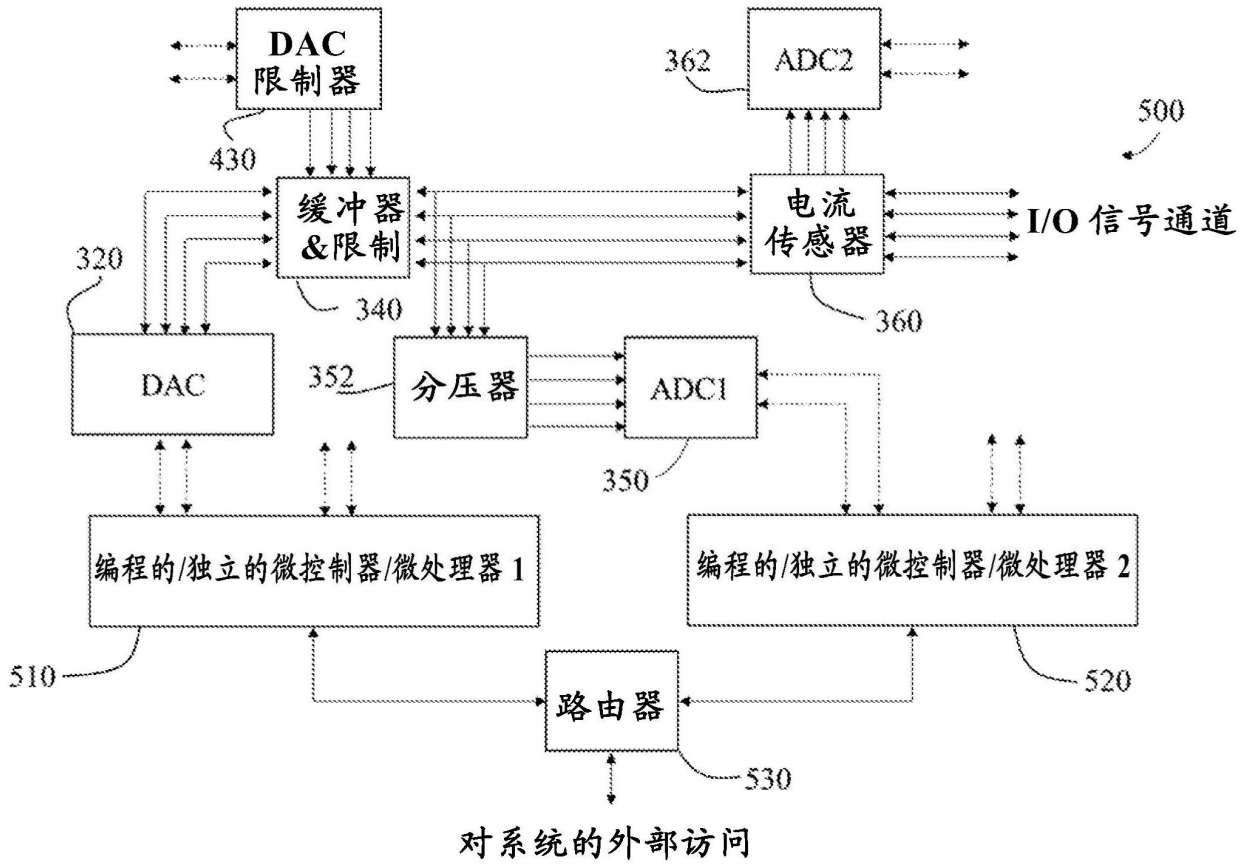


图8

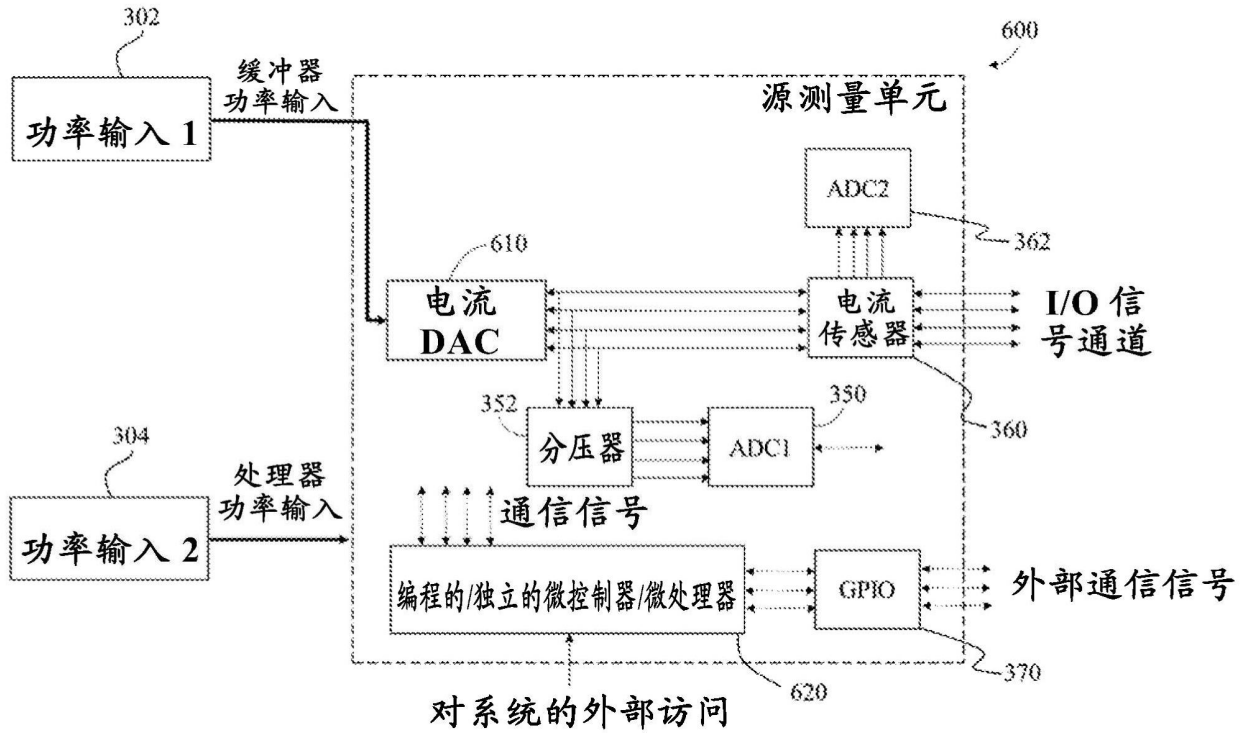


图9

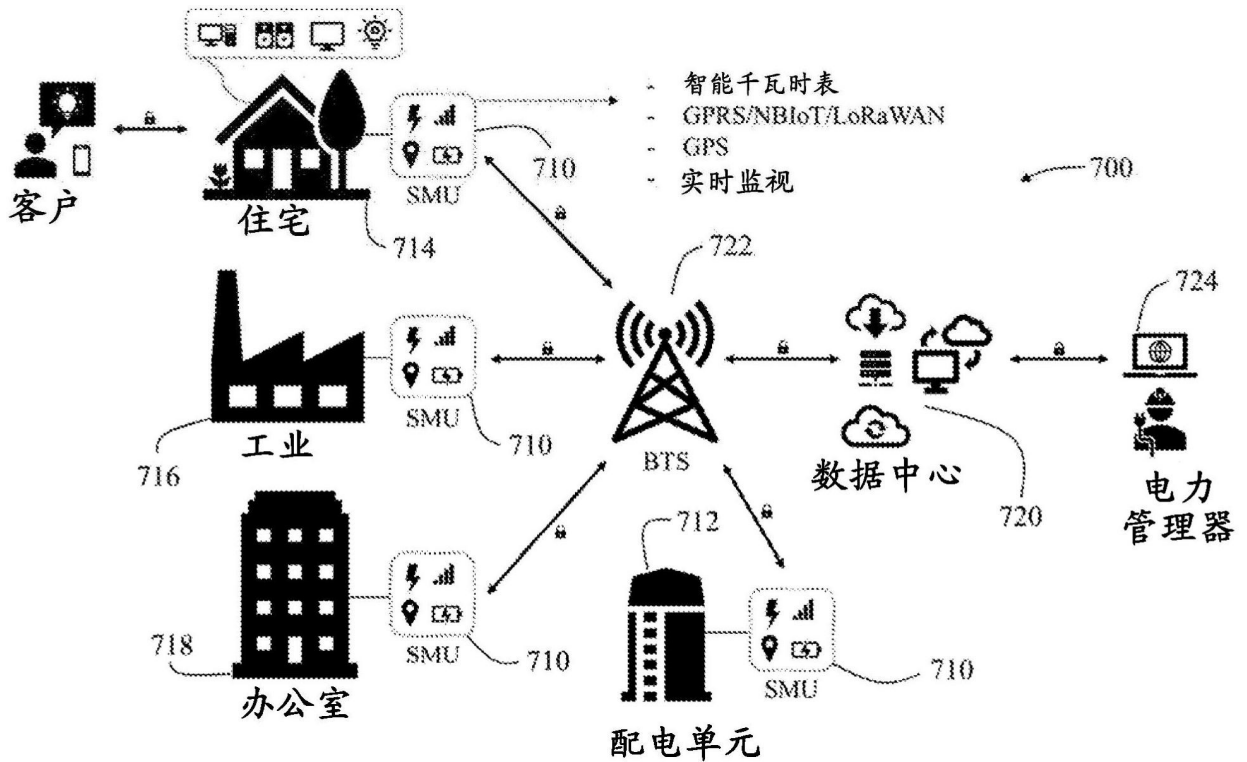


图10

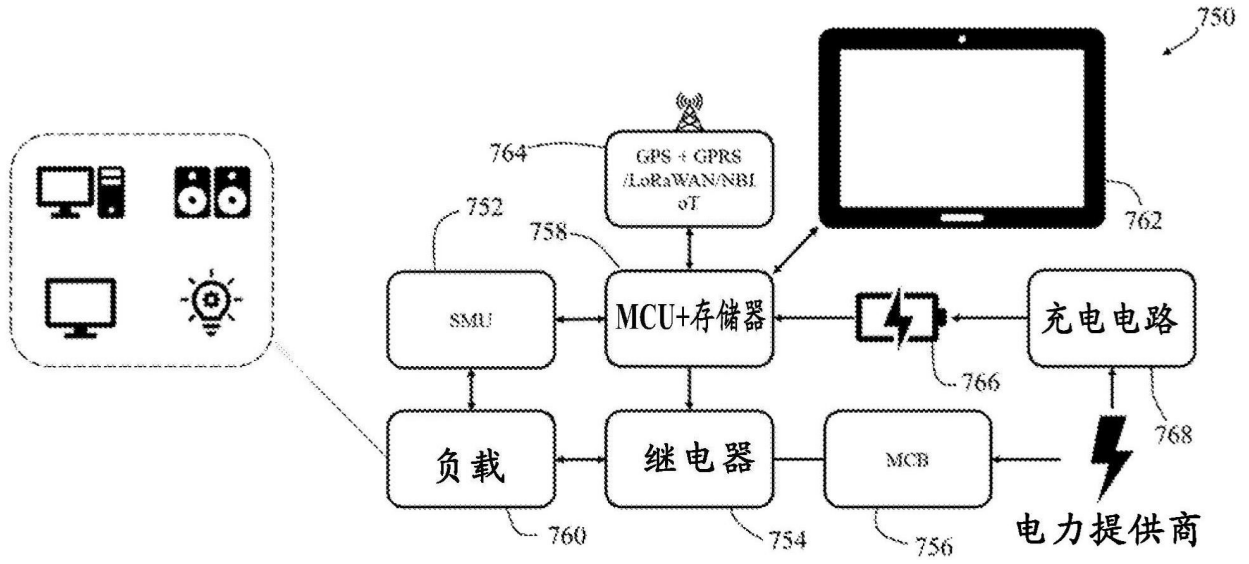


图11

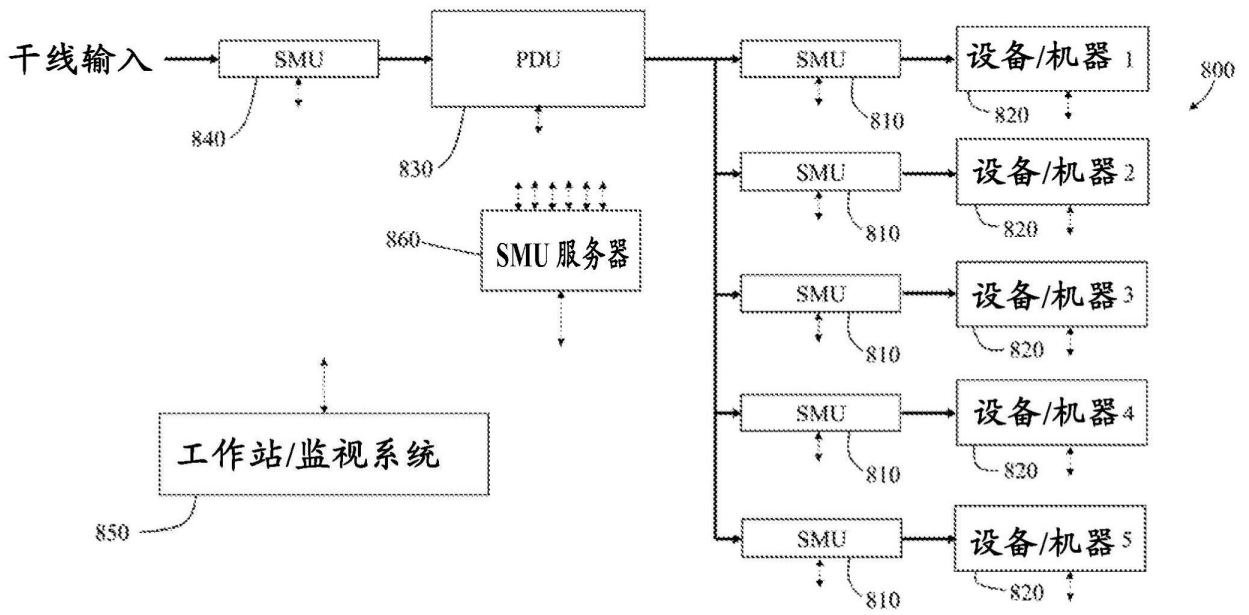


图12

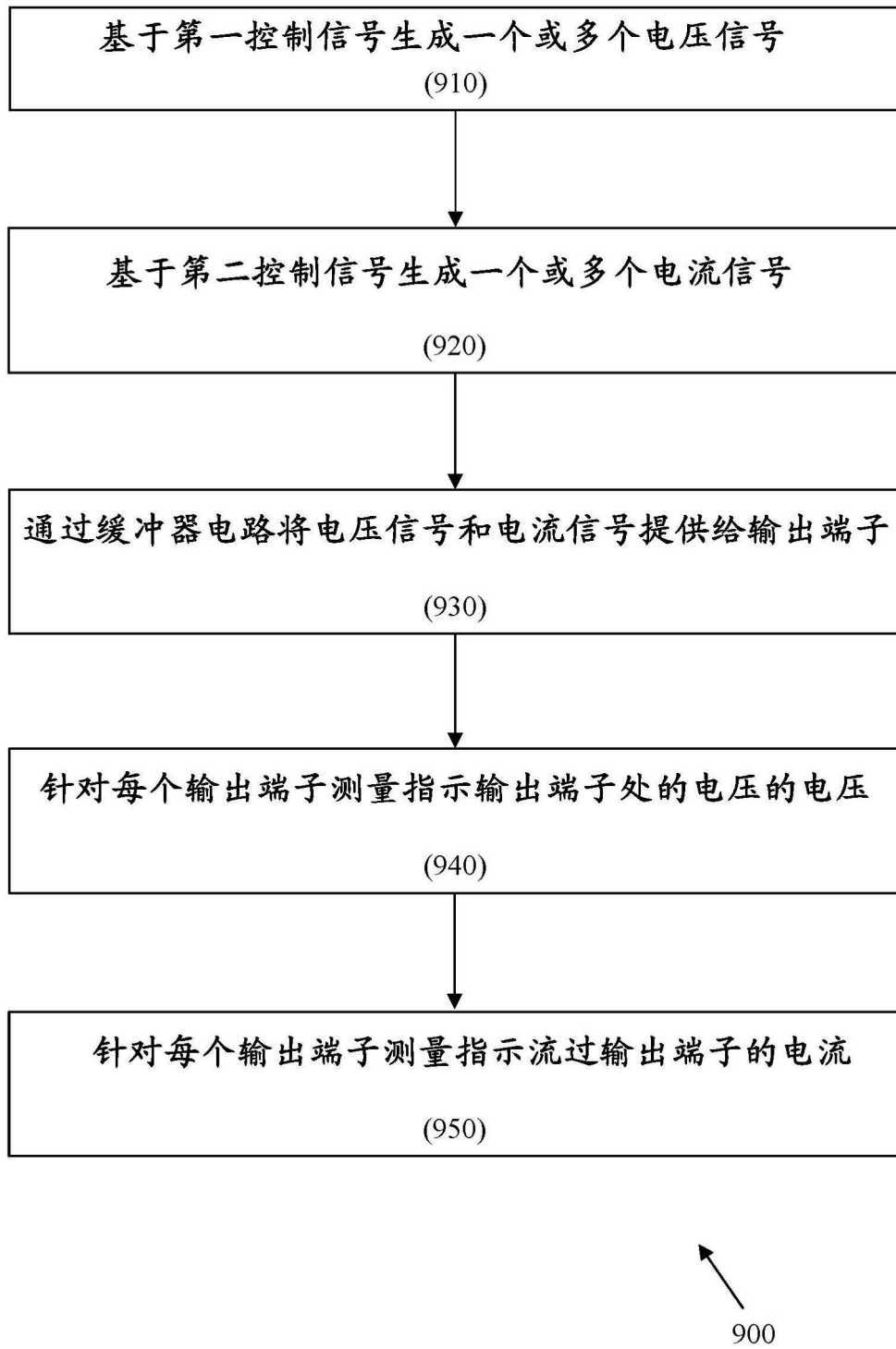


图13