



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106133640 B

(45)授权公告日 2020.06.16

(21)申请号 201580016153.8

克里希纳·赛·贝尔努乔 (续)

(22)申请日 2015.06.23

(74)专利代理机构 上海胜康律师事务所 31263

(65)同一申请的已公布的文献号

代理人 樊英如 张静

申请公布号 CN 106133640 A

(51)Int.Cl.

(43)申请公布日 2016.11.16

G06F 1/26(2006.01)

(30)优先权数据

G06F 1/3234(2019.01)

14/314,790 2014.06.25 US

G06F 11/34(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

G01R 19/00(2006.01)

2016.09.23

G01R 19/165(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

G01R 31/40(2014.01)

PCT/US2015/037158 2015.06.23

G01R 35/00(2006.01)

(87)PCT国际申请的公布数据

(56)对比文件

W02015/200310 EN 2015.12.30

CN 101075155 A, 2007.11.21,

(73)专利权人 超威半导体公司

CN 101075155 A, 2007.11.21,

地址 美国加利福尼亚州

CN 101295464 B, 2011.09.28,

专利权人 ATI科技无限责任公司

CN 101990071 A, 2011.03.23,

(72)发明人 亚伦·J·格勒纳

CN 101699646 A, 2010.04.28,

罗伯特·A·赫什伯格

CN 102034529 A, 2011.04.27,

斯里拉姆·桑巴穆尔蒂

US 2012218034 A1, 2012.08.30,

塞缪尔·D·纳夫齐格

US 2014298094 A1, 2014.10.02,

克里斯多夫·E·特瑞斯勒

审查员 邵娜娜

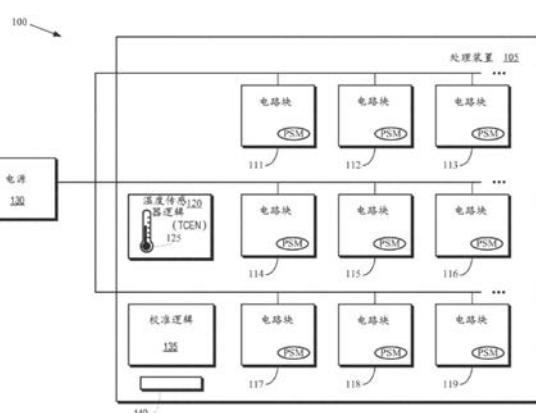
舒·简·康 约瑟夫·P·莎伦

权利要求书2页 说明书10页 附图9页

(54)发明名称

定。

使用电源监控器校准电源



(57)摘要

处理系统(100)包括一个或多个电源监控器(PSM)(200)，所述一个或多个电源监控器(200)用于测量对应于所述处理系统中的一个或多个位置的一个或多个第一电压。在所述处理系统执行一个或多个代码循环的同时执行所述测量。所述处理系统还包括校准逻辑(135,705)，所述校准逻辑(135,705)用于基于参考电压与所述一个或多个第一电压的比较来修改提供给所述处理系统的第二电压。所述参考电压基于所述处理系统先前对所述一个或多个代码循环的执行来确

CN 106133640 B

[转续页]

[接上页]

(72)发明人 阿斯温·奇恩乔利  
迈克尔·J·奥 斯丁

史蒂文·F·利佩  
乌玛尔·B·奇马

1. 一种用于校准电源的设备,所述设备包括:

至少一个电源监控器(200),所述至少一个电源监控器(200)用于在第一次执行期间、在处理系统耦合至第一电源(720)的同时,所述处理系统(100)在多个位置中的每一个位置上执行多个代码循环的同时测量所述处理系统(100)中的所述多个位置上的电压,其中基于所述第一次执行期间所测量的电压的统计组合来确定参考电压;以及

校准逻辑(135,705),所述校准逻辑(135,705)用于基于所述参考电压与比较电压的比较来修改由第二电源(745)提供给所述处理系统的第二电压,所述比较电压基于在第二次执行期间所述处理系统(100)在所述多个位置中的每一个位置上执行所述多个代码循环的同时由所述至少一个电源监控器(200)所测量的电压的统计组合。

2. 如权利要求1所述的设备,其中所述校准逻辑使用所述电压的平均值、所述电压的中位值、所述电压的众数、所述电压的最小值以及所述电压的最大值中的至少一个来产生所述比较电压。

3. 如权利要求1所述的设备,其中所述校准逻辑在所述比较电压小于所述参考电压时增加所述第二电压,并且在所述比较电压大于所述参考电压时减少所述第二电压。

4. 如权利要求1所述的设备,其中所述校准逻辑确定电压补偿以将所述处理系统中的泄漏电流考虑在内,并且其中所述校准逻辑基于所述电压补偿以及所述参考电压与所述比较电压的所述比较来修改所述第二电压。

5. 如权利要求1所述的设备,其中所述校准逻辑基于在所述处理系统(100)执行第一代码循环的同时由所述至少一个电源监控器(200)所测量的第一电压和在所述处理系统(100)执行第二代码循环的同时由所述至少一个电源监控器(200)所测量的第三电压来确定所述参考电压,其中在所述第一电压和所述第三电压下向所述处理系统提供的功率是由所述第一电源提供。

6. 如权利要求5所述的设备,其中所述至少一个电源监控器响应于所述处理系统启动而在所述处理系统执行所述第一代码循环的同时测量所述第一电压,并且其中所述校准逻辑响应于所述处理系统启动而修改由所述第二电源提供的所述第二电压。

7. 一种用于校准电源的方法,所述方法包括:

在第一次执行期间处理系统(100)在多个位置中的每一个位置上执行多个代码循环的同时,使用至少一个电源监控器(200)测量所述处理系统(100)中的所述多个位置上的电压,其中基于所述第一次执行期间所测量的电压的统计组合来确定参考电压;以及

基于所述参考电压与比较电压的比较来修改提供给所述处理系统的第二电压,所述比较电压基于在第二次执行期间所述处理系统(100)在所述多个位置中的每一个位置上执行所述多个代码循环的同时由所述至少一个电源监控器(200)所测量的电压的统计组合。

8. 如权利要求7所述的方法,其中使用所述电压的平均值、所述电压的中位值、所述电压的众数、所述电压的最小值以及所述电压的最大值中的至少一个来产生所述比较电压。

9. 如权利要求7所述的方法,其还包括:

在所述比较电压小于所述参考电压时增加所述第二电压;以及  
在所述比较电压大于所述参考电压时减少所述第二电压。

10. 如权利要求7所述的方法,其还包括:

确定电压补偿以将所述处理系统中的泄漏电流考虑在内;以及

基于所述电压补偿以及所述参考电压与所述比较电压的所述比较来修改所述第二电压。

11. 如权利要求8所述的方法,其还包括:

基于在所述处理系统(100)执行第一代码循环的同时由所述至少一个电源监控器(200)所测量的第一电压和在所述处理系统(100)执行第二代码循环的同时由所述至少一个电源监控器(200)所测量的第三电压来确定所述参考电压,其中在所述第一电压和所述第三电压下向所述处理系统(100)提供的功率是由第一电源提供。

12. 如权利要求11所述的方法,其中响应于所述处理系统启动而在所述处理系统执行所述第一代码循环的同时测量所述第一电压,并且其中修改所述第二电压包括响应于所述处理系统启动而修改由第二电源提供的所述第二电压。

## 使用电源监控器校准电源

### 技术领域

[0001] 本公开大体上涉及处理系统，并且更具体地说涉及处理系统的电源。

### 背景技术

[0002] 自动测试设备 (ATE) 用于在制作之后以及在安装在产品中之前测试处理系统诸如片上系统 (SOC)。例如，自动化测试可以用于在给定外加电压下确定SOC的部件在不同操作负载下的操作频率。典型的ATE包括非常高质量的电源，所述电源可以在广泛范围的操作负载下将恒定外加电压维持在非常小的公差内。然而，产品诸如台式计算机、膝上型计算机、平板电脑、智能手机等等中使用的系统级电源在相同的操作负载范围内无法维持相同的电压公差。例如，如果SOC上的负载突然从非常低的水平增加到相对较高的水平，那么由SOC的部件汲取的电流就会增加，而提供给SOC的部件的电压就会下降，这种现象称为“电压下垂 (voltage droop)”。SOC的部件的操作频率在电压下垂时也会出现下降。

[0003] 电压下垂的量取决于电源的特征和SOC上的负载。实际上，运送给消费者的每个产品具有略微不同的电源并且在所述每个产品的使用寿命内会经历不同的操作负载。因此，每个消费产品的电源特征和操作负载并不是精确已知的并且可以在产品的使用寿命内变化。因此，额定为特定操作频率的SOC必须包括电压裕度以确保SOC的实际操作频率在电压下垂期间不会下降到额定值之下。电压裕度典型通过假定最坏情况，例如在最高操作负载下的最大可能的电压下垂来设定。在正常操作期间，例如在适中或轻的操作负载下，电压裕度是不必要的并且因此可以表示浪费的功率或超过额定值的操作频率。

### 发明内容

[0004] 根据本发明的一个方面，涉及一种用于校准电源的设备，所述设备包括：至少一个电源监控器 (200)，所述至少一个电源监控器 (200) 用于在第一次执行期间、在处理系统耦合至第一电源 (720) 的同时，所述处理系统 (100) 在多个位置中的每一个位置上执行多个代码循环的同时测量所述处理系统 (100) 中的所述多个位置上的电压，其中基于所述第一次执行期间所测量的电压的统计组合来确定参考电压；以及校准逻辑 (135, 705)，所述校准逻辑 (135, 705) 用于基于所述参考电压与比较电压的比较来修改由第二电源 (745) 提供给所述处理系统的第二电压，所述比较电压基于在第二次执行期间所述处理系统 (100) 在所述多个位置中的每一个位置上执行所述多个代码循环的同时由所述至少一个电源监控器 (200) 所测量的电压的统计组合。

[0005] 在一个实施方式中，所述校准逻辑使用所述电压的平均值、所述电压的中位值、所述电压的众数、所述电压的最小值以及所述电压的最大值中的至少一个来产生所述比较电压。

[0006] 在一个实施方式中，所述校准逻辑在所述比较电压小于所述参考电压时增加所述第二电压，并且在所述比较电压大于所述参考电压时减少所述第二电压。

[0007] 在一个实施方式中，所述校准逻辑确定电压补偿以将所述处理系统中的泄漏电流

考虑在内，并且其中所述校准逻辑基于所述电压补偿以及所述参考电压与所述比较电压的所述比较来修改所述第二电压。

[0008] 在一个实施方式中，所述校准逻辑基于在所述处理系统(100)执行第一代码循环的同时由所述至少一个电源监控器(200)所测量的第一电压和在所述处理系统(100)执行第二代码循环的同时由所述至少一个电源监控器(200)所测量的第三电压来确定所述参考电压，其中在所述第一电压和所述第三电压下向所述处理系统提供的功率是由所述第一电源提供。

[0009] 在一个实施方式中，所述至少一个电源监控器响应于所述处理系统启动而在所述处理系统执行所述第一代码循环的同时测量所述第一电压，并且其中所述校准逻辑响应于所述处理系统启动而修改由所述第二电源提供的所述第二电压。

[0010] 根据本发明的另一个方面，涉及一种用于校准电源的方法，所述方法包括：在第一次执行期间处理系统(100)在多个位置中的每一个位置上执行多个代码循环的同时，使用至少一个电源监控器(200)测量所述处理系统(100)中的所述多个位置上的电压，其中基于所述第一次执行期间所测量的电压的统计组合来确定参考电压；以及基于所述参考电压与比较电压的比较来修改提供给所述处理系统的第二电压，所述比较电压基于在第二次执行期间所述处理系统(100)在所述多个位置中的每一个位置上执行所述多个代码循环的同时由所述至少一个电源监控器(200)所测量的电压的统计组合。

[0011] 在一个实施方式中，使用所述电压的平均值、所述电压的中位值、所述电压的众数、所述电压的最小值以及所述电压的最大值中的至少一个来产生所述比较电压。

[0012] 在一个实施方式中，还包括：在所述比较电压小于所述参考电压时增加所述第二电压；以及在所述比较电压大于所述参考电压时减少所述第二电压。

[0013] 在一个实施方式中，还包括：确定电压补偿以将所述处理系统中的泄漏电流考虑在内；以及基于所述电压补偿以及所述参考电压与所述比较电压的所述比较来修改所述第二电压。

[0014] 在一个实施方式中，还包括：基于在所述处理系统(100)执行第一代码循环的同时由所述至少一个电源监控器(200)所测量的第一电压和在所述处理系统(100)执行第二代码循环的同时由所述至少一个电源监控器(200)所测量的第三电压来确定所述参考电压，其中在所述第一电压和所述第三电压下向所述处理系统(100)提供的功率是由所述第一电源提供。

[0015] 在一个实施方式中，响应于所述处理系统启动而在所述处理系统执行所述第一代码循环的同时测量所述第一电压，并且其中修改所述第二电压包括响应于所述处理系统启动而修改由所述第二电源提供的所述第二电压。

## 附图说明

[0016] 通过参考附图，本领域技术人员可以更好地理解本公开并且清楚明白本公开的众多特征和优点。在不同的图中使用相同的参考符号指示相似或相同的物品。

[0017] 图1是根据一些实施方案的包括处理装置的处理系统的方块图。

[0018] 图2是根据一些实施方案的可以用于图1中所示的处理装置的电源监控器(PSM)的方块图。

[0019] 图3是根据一些实施方案在由测试算法定义的代码循环的执行过程中从电源汲取的电流随着时间的变化而变化的绘图。

[0020] 图4是根据一些实施方案的用于校准向处理装置提供功率的电源的方法的流程图。

[0021] 图5是根据一些实施方案的可以用于调节由电源提供的电压以对泄漏电流进行补偿的负载线的绘图。

[0022] 图6是根据一些实施方案的用于校准电源以将其他电压修改考虑在内的方法的流程图。

[0023] 图7是示出根据一些实施方案的在不同操作情况下的SOC中的校准逻辑的操作的方块图。

[0024] 图8是根据一些实施方案的用于使用第一电源产生参考电压并之后基于参考电压修改由第二电源提供的电压的方法的流程图。

[0025] 图9是示出根据一些实施方案的用于设计和制作实现处理系统的部件的至少一部分的集成电路装置的方法的流程图。

## 具体实施方式

[0026] 用于将处理系统中的可能的电压下垂考虑在内的电压裕度可以通过以下方式减小：基于先前确定的参考电压与处理系统中的不同位置处的电压的测量的比较来校准在启动时间提供给处理系统的电压。基于测试算法来确定参考电压，并且在执行相同的测试算法的同时执行启动时间电压测量。在一些实施方案中，处理系统连接至自动化测试设备(ATE)中的第一电源并且执行由测试算法定义的一系列代码循环。之后基于由处理系统中实现的电源监控器(PSM)进行的测量来确定参考电压。随后，处理系统在连接至第二电源的同时执行一系列相同的代码循环，所述第二电源诸如系统级测试(SLT)环境中的电源或用户产品中的电源。在执行代码循环的同时由PSM测量电压。之后将测量的电压与参考电压进行比较以确定应该应用于处理系统中实现的电源的电压偏移。例如，如果由PSM在代码循环的执行过程中测量的电压的平均值低于参考电压，那么电压偏移可以用于增加由电源提供的电压。在另一个实例中，如果由PSM在代码循环的执行过程中测量的电压的平均值高于参考电压，那么电压偏移可以用于减少由电源提供的电压。SOC因此可以动态地控制其电源以使电源保持在确保SOC内的多个位置处接收的电压接近目标电压的电压下操作。

[0027] 图1是根据一些实施方案的包括处理装置105的处理系统100的方块图。处理装置105可以是数据处理器、超大规模集成电路(VLSI)、片上系统(SoC)、中央处理单元(CPU)、加速处理单元(APU)、图形处理单元(GPU)、存储器子系统、系统控制器、外设功能或一些其他类型的处理装置。图1中所示的处理装置105包括多个电路块111、112、113、114、115、116、117、118、119(本文中称为“电路块111-119”)，所述电路块可以用于实现处理装置105的功能的多个部分。电路块111-119因此可以互连并且例如通过经由各种线路、迹线、总线、通路、硅通路等等传输或接收信号来彼此通信。为了清晰起见，图1中未示出电路块111-119之间的互连。

[0028] 每个电路块111-119还与电源监控器(PSM)相关联。在Stephen V.Kosonocky和Gregory K.Chen的名称为Power Supply Monitor的美国专利申请公开号2012/0126847中

描述了示例性PSM,所述专利申请以引用的方式整体并入本文。PSM可以结合在如图1中所示的电路块111-119中或所述PSM可以实现为耦合至电路块111-119的单独装置。然而,本领域中受益于本公开的普通技术人员应了解,处理装置105的一些实施方案可以包括与超过一个PSM相关联的电路块111-119。此外,一些PSM可以与超多一个电路块111-119相关联。

[0029] 图2是根据一些实施方案的可以用于图1中所示的处理装置105的电源监控器(PSM)200的方块图。电源监控器200的一些实施方案包括可以由多个级形成的环形振荡器205,并且用于形成环形振荡器205的级的数目可以至少部分确定电源监控器200的电压分辨率。用于实现和操作环形振荡器205的技术是本领域已知的,并且为了清晰起见,本文仅论述了实现或操作环形振荡器205的与要求保护的主题相关的那些方面。

[0030] 电源监控器200中的计数器210可以计数选定测量周期(诸如时钟周期、多个时钟周期的组合或时钟周期的一部分)期间环形振荡器205中的级跃迁的数目。例如,电压下垂可以减缓环形振荡器205的振荡器速度,从而导致环形振荡器205的多个级中的级跃迁变少。电压的增加可以增加振荡环形器205的振荡器速度并且因此增加时钟周期内遍历的级的数目。环形振荡器205的多个级布置成环并且因此计数器210还可以计数环形振荡器205在测量周期期间的转数。转数在电压增加时增加并且在电压下垂期间减少。环形振荡器205或计数器210的一些实施方案可以在由时钟信号215提供的时钟周期的前沿复位。捕获逻辑220可以捕获测量周期结束时环形振荡器的状态。

[0031] 级跃迁或环形振荡器旋转的数目可以指示电源监控器200上的电压。指示由计数器210在选定测量周期期间计数的级跃迁或环形振荡器旋转的数目(以及因此由计数器210测量的电压)的信息可以提供给PSM编码器225,所述PSM编码器225基于测量周期结束时环形振荡器205的状态和环形振荡器的转数来供应PSM输出信号。电源监控器200的一些实施方案可以使用界面(未示出)来提供这种信息。例如,电源监控器200可以通过界面诸如根据JTAG协议操作的扫描链来提供指示环形振荡器205的级跃迁的数目的信号,所述信号指示由电源监控器200测量的电压。界面可以接收捕获时钟脉冲235,诸如由扫描测试仪(未示出)提供的捕获时钟脉冲。

[0032] 返回参考图1,由PSM返回的计数值与PSM电压之间的关系可以是温度的函数。电路块111-119的泄漏电流也可以取决于温度。处理系统的一些实施方案因此可以包括可以用于确定处理装置105上的温度的温度传感器逻辑(TCEN)120。例如,TCEN 120可以包括或耦合至用于监控温度的温度传感器125。温度传感器125可以是单一传感器或可以代表在整个处理装置105中分布的多个传感器。

[0033] 处理系统100还包括电源130,所述电源130可以耦合至处理装置105以在标称电压下为电路块111-119提供功率。处理装置105在不同阶段期间可以耦合至不同的电源130。例如,电源130可以是处理装置105的ATE测试过程中的ATE电源130、处理装置105的系统级测试过程中的SLT电源130以及处理装置105已经安装在消费产品中之后的消费装置电源130。不同电源130的特征可以是显著不同的。例如,ATE电源130典型地是在处理装置105的测试过程中基本上不可能经历电压下垂(或电压下垂处在非常低的公差内,诸如对于1.3V外加电压是几mV)的非常高质量的电源130。在另一个实例中,SLT电源130或消费产品电源130在处理装置105的测试过程中可能出现的高操作负载下可能经历显著更高的电压下垂,例如,对于1.3V外加电压,电压下垂是0.05V至0.1V。不同的消费产品电源130的特征可以彼此不

同并且可能由于电源130老化而随时间变化。

[0034] 处理装置105因此可以包括校准逻辑135,所述校准逻辑135可以确定供应给电路块111-119的电压并且使用这些电压来产生校准信号以用于控制由电源130提供的电压。例如,如本文所述,电路块111-119中的电压可能会例如因电压下垂而不等于由电源130产生的电压。每个PSM因此可以测量PSM位置处的电压并且测量的电压可以指示施加至对应的电路块111-119的电压。校准逻辑135可以从PSM访问测量的电压并且将测量的电压与参考电压进行比较,所述参考电压可以存储在可以由寄存器或熔丝形成的存储元件140中。例如,如本文所述,校准逻辑135可以将由PSM测量的电压的平均值或由PSM测量的电压当中的最小电压与参考电压进行比较,并且之后向电源130提供调节信号。

[0035] 参考电压可以在处理装置105的测试过程中确定。在一些实施方案中,处理装置105通过执行由测试算法定义的一系列代码循环来测试,所述代码循环可以由校准逻辑135来实现。可以在处理装置105耦合至ATE电源130的同时执行代码循环。校准逻辑135可以在执行代码循环的同时从PSM读取值,并且之后基于PSM电压的测量值来确定参考电压。校准逻辑135的一些实施方案可以使用PSM电压的统计组合,诸如PSM电压的平均值、PSM电压的中位值、PSM电压的众数、PSM电压的最小值、PSM电压的最大值等等。随后,如本文所述,处理装置105可以耦合至其他电源130,并且可以执行相同的测试算法以通过与参考电压进行比较来校准其他电源130。

[0036] 图3是根据一些实施方案在由测试算法定义的代码循环的执行过程中从电源汲取的电流随着时间的变化而变化的绘图300。垂直轴指示电流(以任意单位计),并且水平轴指示从左到右增加的时间(以任意单位计)。绘图300的一些实施方案可以对应于由处理装置105在执行由图1中所示的校准逻辑135中实现的测试算法定义的代码循环时汲取电流。每当处理装置105启动(boot up)就可以由校准逻辑135执行相同的测试算法。绘图300中所示的测试算法的一些实施方案可以被设计来测试处理装置105的AC响应、DC响应、或谐振频率。

[0037] 在T<T0时,处理装置处于静止状态或非活动状态,并且电流对应于处理装置中的泄漏电流。

[0038] 在T=T0时,系统BIOS起始系统管理单元(SMU)例程以开始对处理装置测试。

[0039] 在T1<T<T2时,处理装置执行第一基本功率代码循环。处理装置中多个位置处的电压在这个时间间隔内可以平稳或稳定下来。因此可以在这个时间间隔内由PSM来执行电压测量并且同时执行第一基本功率代码循环。

[0040] 在T=T2时,向处理装置施加阶跃负载,以将功率的供给增加至电源可以提供的最大电平。电流因此上升至最大值并且保持处于这个水平直到T=T3为止。可以在这个时间间隔内执行产生阶跃负载的代码的同时由PSM来执行电压测量。

[0041] 在T3<T<T4时,处理装置执行第二基本功率代码循环。如由更高值的电流所指示,对应于第二基本功率代码循环的操作负载大于对应于第一基本功率代码循环的操作负载。处理装置中多个位置处的电压在这个时间间隔内可以平稳或稳定下来。可以在执行第二基本功率代码循环的同时由PSM执行电压测量。

[0042] 在T=T4时,向处理装置施加阶跃负载,以将功率的供给增加至电源可以提供的最大电平。电流因此上升至最大值并且保持处于这个水平直到T=T5为止。可以在执行用于产

生阶跃负载的代码的同时由PSM执行电压测量。

[0043] 在 $T_5 < T < T_6$ 时,处理装置执行第三基本功率代码循环。如由更高值的电流所指示,对应于第三基本功率代码循环的操作负载大于对应于第二基本功率代码循环的操作负载。处理装置中多个位置处的电压在这个时间间隔内可以平稳或稳定下来。可以在执行第三基本功率代码循环的同时由PSM执行电压测量。

[0044] 在 $T = T_6$ 时,向处理装置施加阶跃负载,以将功率的供给增加至电源可以提供的最大电平。电流因此上升至最大值并且保持处于这个水平直到测试算法完成为止。可以在足以允许电压稳定下来的时间间隔之后由PSM来执行最终电压测量,并且同时执行产生阶跃负载的代码。

[0045] 图4是根据一些实施方案的用于校准向处理装置提供功率的电源的方法400的流程图。方法400可以在校准逻辑诸如图1中所示的校准逻辑135中实现并且可以响应于处理装置诸如图1中所示的处理装置105的启动而开始。在方块405,校准逻辑读取由一个或多个温度传感器或温度传感逻辑诸如图1中所示的TCEN 120提供的温度。校准逻辑的一些实施方案将读取温度作为初始步骤,以使得能够在温度因不活动而发生下降之前确定所述温度。

[0046] 在方块410,校准逻辑从处理装置中的PSM读取计数。PSM的一些实施方案可能对温度敏感。因此可以基于方块405处由校准逻辑读取的温度来(在方块415)将计数转换成电压。例如,可以将温度值与参考温度进行比较,并且可以使用差值,例如通过相对于测量的温度值与参考温度之间的差值成比例地增加或减少测量的计数来对来自PSM的测量的计数定标。定标的计数之后可以用于确定PSM处的电压。可以重复方块405、410、415处执行的测试以例如,如图3中所示测量测试算法中的不同阶段的电压。

[0047] 在方块420,校准逻辑基于由PSM测量的电压来确定比较电压( $V_{\text{比较}}$ )。校准逻辑的一些实施方案可以在测试算法的执行过程中使用由PSM测量的电压的多个最小值当中的最小值来确定比较电压。然而,校准逻辑还可以使用测量的电压的其他统计组合诸如平均值、中位值、众数、最大值等等来确定比较电压。

[0048] 在决策块425,校准逻辑将比较电压与参考电压诸如ATE测试过程中确定的电压( $V_{\text{ATE}}$ )进行比较。如本文所述,参考电压和比较电压使用相同的测试算法和测量的电压的相同的统计组合来确定。如果比较电压大于参考电压,那么校准逻辑可以(在方块430)产生指示电源减少其供电电压的信号。方法400之后可以结束于方块435。如果比较电压小于参考电压(如决策块440处所确定),那么校准逻辑可以(在方块445)产生指示电源增加其供电电压的信号。方法400之后可以结束于方块435。

[0049] 图5是根据一些实施方案的可以用于调节由电源提供的电压以对泄漏电流进行补偿的负载线505的绘图500。垂直轴是由电源提供的电压(以任意单位计),并且水平轴是对应电压下的泄漏电流(以任意单位计)。泄漏电流典型地随着温度的增加而增加,并且图5示出可以用于在不同温度下对具有不同温度敏感度的两个处理装置中的泄漏电流进行补偿的电压调节。例如,在低温下,第一处理装置的泄漏电流可能是相对较低的电流( $I_0$ )并且在高温下可以增加至相对较高的电流( $I_1$ )。电源电压因此可以沿负载线变化(如由箭头510所指示)以对泄漏电流的变化进行补偿。对于第一处理装置,电源电压可以在范围515内变化。在另一个实例中,在低温下,第二处理装置的泄漏电流可能是相对较低的电流( $I_2$ )并且在

高温下可以增加至相对较高的电流 ( $I_3$ ) ,但是泄漏电流的变化小于第一处理装置的变化。电源电压因此可以沿负载线变化 (如由箭头520所指示) 以对泄漏电流的变化进行补偿。对于第二处理装置,电源电压因此可以在范围525内变化。

[0050] 用于启动时间校准的校准逻辑 (诸如图1中所示的校准逻辑135) 应考虑由电源提供的电压的通过负载线或其他电压补偿机制产生的变化。例如,如果与负载线相关联的逻辑指示电源增加或减少其电压以对泄漏电流进行补偿,那么校准逻辑应考虑这种修改,以使得在结合来自负载线逻辑和校准逻辑的修改之后由电源提供的实际电压对应于参考电压,即至少处在预定公差内。例如,校准逻辑可以在启动时间处确定的比较电压上加上或从其减去负载线电压调节以避免过电压状况。

[0051] 图6是根据一些实施方案的用于校准电源以将其他电压修改考虑在内的方法600的流程图。方法600可以在校准逻辑诸如图1中所示的校准逻辑135中实现并且可以响应于处理装置诸如图1中所示的处理装置105的启动而开始。在方块605,校准逻辑读取由一个或多个温度传感器或温度传感逻辑诸如图1中所示的TCEN 120提供的温度。在方块610,校准逻辑从处理装置中的PSM读取计数。如本文所述,可以在根据测试算法执行多个代码循环的同时重复方块605或610以收集电压测量结果。在方块615,校准逻辑确定电压偏移。例如,电压偏移可以被设定成等于先前确定的参考电压与基于测量的电压而确定的比较电压之间的差值。

[0052] 在方块620,校准逻辑可以确定其他电压修改。例如,校准逻辑可以访问指示使用负载线诸如图5中所示的负载线505来确定的电压补偿的信息。通过负载线确定的电压补偿可以取决于处理装置的温度,并且校准逻辑因此可以使用由温度传感逻辑提供的温度来确定电压补偿。一些实施方案可以应用其他电压补偿。例如,可以应用固定电压偏移以将由第一电源 (诸如ATE电源) 和第二电源 (诸如SLT或消费产品电源) 提供的电压之间的期望差值考虑在内。在方块625,校准逻辑可以基于其他电压补偿来调节电压偏移。例如,校准逻辑可以调节电压偏移,以使得由电源提供的电压的净变化等于参考电压与基于PSM测量而确定的比较电压之间的差值。在方块630,可以将电压偏移应用于电源以修改由电源提供的电压。

[0053] 图7是示出根据一些实施方案的不同操作情况下的SOC 710中的校准逻辑705的操作的方块图700。校准逻辑705的一些实施方案可以对应于图1中所示的处理装置105中的校准逻辑135。SOC 710初始放置到ATE 715中以供测试。SOC 710耦合至ATE电源720,并且之后校准逻辑705可以起始测试算法,所述测试算法使SOC 710执行将不同操作负载置于SOC 710上的一个或多个代码循环。如本文所述,校准逻辑705可以使用与代码循环执行同时执行的一次或多次PSM电压测量来确定参考电压。之后可以使参考电压与SOC 710相关联并且存储所述参考电压。一些实施方案可以将参考电压存储在数据库725中,所述数据库725针对ATE 715中测试的每个部分都列出了参考电压。出于其他目的,数据库725可以通过其他测试装置或者其他软件、固件、或硬件来访问。

[0054] 随后可以将SOC 710移至SLT环境以用于系统级测试。SOC 710耦合至SLT电源735,并且之后校准逻辑705可以起始测试算法,所述测试算法使SOC 710执行将不同操作负载置于SOC 710上的一个或多个代码循环。由SLT 730中的SOC 710使用的测试算法与由ATE 715中的SOC 710使用的测试算法相同。如本文所述,校准逻辑705可以使用与代码循环执行同

时执行的一次或多次PSM电压测量来确定比较电压。校准逻辑705之后可以将比较电压与参考电压例如存储在数据库725中的参考电压进行比较。基于比较,校准逻辑705之后可以如本文所述向SLT电源735提供校准信号以调节由SLT电源735提供给SOC 710的电压。之后在后续性能测试过程中可以向SOC 710提供调节的电压。

[0055] SOC 710之后可以安装在消费产品或装置740中。安装的SOC 710耦合至装置电源745。参考电压存储在存储元件750诸如一组寄存器或熔丝中,所述存储元件750可以使用存储在数据库725中的信息来配置。之后每当装置740启动时,校准逻辑705就可以起始测试算法,以使得SOC 710能在启动时间执行由测试算法定义的代码循环。由装置740中的SOC 710使用的测试算法与由ATE 715和SLT 730中的SOC 710使用的测试算法相同。如本文所述,校准逻辑705可以使用与代码循环执行同时执行的一次或多次PSM电压测量来确定比较电压。校准逻辑705之后可以将比较电压与参考电压例如存储在存储元件750中的参考电压进行比较。基于比较,校准逻辑705之后可以如本文所述向装置电源745提供校准信号以调节由装置电源745提供给SOC 710的电压。之后在装置740的正常操作过程中可以向SOC 710提供调节的电压。

[0056] 图8是根据一些实施方案的用于使用第一电源产生参考电压并之后基于参考电压修改由第二电源提供的电压的方法800的流程图。方法800可以在处理装置的校准逻辑诸如图1中所示的处理装置105的校准逻辑135中实现。在方块805,校准逻辑在处理装置耦合至第一电源的同时确定参考电压。如本文所述,参考电压使用与执行预定测试算法同时执行的电压测量来确定。在方块810,参考电压存储在例如数据库、一组寄存器或一组熔丝中。处理装置之后可以与第一电源断开并且连接至第二电源。

[0057] 在方块815,如本文所述,校准逻辑使用与执行预定测试算法同时执行的电压测量来确定比较电压。在决策块820,校准逻辑确定比较电压是否不同于参考电压。如果是这样的话,那么校准逻辑如本文所述(在方块825)基于比较电压与参考电压之间的偏移来修改由第二电源提供的电压。所述方法之后可以结束于方块830。如果比较电压没有不同于参考电压,例如,比较电压与参考电压之间的差值小于预定公差,那么校准逻辑将绕过修改由第二电源提供的电压并且所述方法可以结束于方块830。

[0058] 在一些实施方案中,上文描述的设备和技术是在包括一个或多个集成电路(IC)装置(又称为集成电路封装件或微芯片),诸如上文参考图1-8描述的处理装置的系统中实现。电子设计自动化(EDA)和计算机辅助设计(CAD)软件工具可以用于设计和制作这些IC装置。这些设计工具典型地表示为一个或多个软件程序。一个或多个软件程序包括代码,所述代码可由计算机系统执行来操纵所述计算机系统以依靠表示一个或多个IC装置的电路的代码来操作,以便于执行过程的至少一部分,从而设计或适应制造系统来制作电路。这种代码可以包括指令、数据或指令和数据的组合。表示设计工具或制作工具的软件指令典型地存储在可由计算系统访问的计算机可读存储介质中。类似地,表示IC装置的设计或制作的一个或多个阶段的代码可以存储在相同的计算机可读存储介质或不同的计算机可读存储介质中或者从其访问所述代码。

[0059] 计算机可读存储介质可以包括在使用过程中可由计算机系统访问以向所述计算机系统提供指令和/或数据的任何存储介质,或存储介质的组合。这类存储介质可以包括但不限于光学介质(例如,压缩光盘(CD)、数字多功能光盘(DVD)、蓝光光盘),磁性介质(例如,

软磁盘、磁带或硬磁盘驱动器),易失性存储器(例如,随机存取存储器(RAM)或缓存),非易失性存储器(例如,只读存储器(ROM)或闪存器),或基于微机电系统(MEMS)的存储介质。计算机可读存储介质可以嵌入计算系统中(例如,系统RAM或ROM),固定附接至计算系统(例如,硬磁盘驱动器),可去除地附接至计算系统(例如,光盘或基于通用串行总线(USB)的闪存器),或者通过有线或无线网络耦合至计算机系统(例如,网络可访问存储体(NAS))。

[0060] 图9是示出根据一些实施方案的用于设计和制作实现一个或多个方面的IC装置的示例方法900的流程图。如上所述,针对以下过程中的每一个产生的代码存储在或以其他方式体现在非暂态计算机可读存储介质中以供对应的设计工具或制作工具访问和使用。

[0061] 在方块902,产生用于IC装置的功能规范。功能规范(经常又称为微体系结构规范(MAS))可以通过各种编程语言或建模语言,包括C、C++、SystemC、Simulink或MATLAB中的任一种来再现。

[0062] 在方块904,功能规范用于产生表示IC装置的硬件的硬件说明码。在一些实施方案中,硬件说明码使用至少一种硬件说明语言(HDL)来再现,所述硬件说明语言包括用于IC装置的电路的形式描述和设计的各种计算机语言、规范语言、或建模语言中任一种。产生的HDL代码典型地表示IC装置的电路的操作、电路的设计和组织以及用于通过模拟验证IC装置的正确操作的测试。HDL的实例包括Analog HDL (AHDL)、Verilog HDL、SystemVerilog HDL以及VHDL。对于实现同步数字电路的IC装置而言,硬件描述符代码可以包括用于提供对同步数字电路的操作的抽象表示的寄存器传送级(RTL)代码。对于其他类型的电路而言,硬件描述符代码可以包括用于提供对电路的操作的抽象表示的行为级代码。由硬件说明码表示的HDL模型典型地接受一轮或多轮模拟和调试以通过设计验证。

[0063] 在验证由硬件说明码表示的设计之后,在方块906,合成工具用于合成硬件说明码以产生表示或定义IC装置的电路的初始物理实现方式的代码。在一些实施方案中,合成工具产生一个或多个网表,所述一个或多个网表包括电路装置实例(例如,门、晶体管、电阻器、电容器、电感器、二极管等)和线网、或电路装置实例之间的连接。可替代地,网表的全部或一部分可以在不使用合成工具的情况下手动地产生。如同硬件说明码一样,网表可以接受一个或多个测试和验证过程,之后产生最终的一个或多个网表的集合。

[0064] 可替代地,电路图编辑器工具可以用于绘制IC装置的电路的电路图,电路图捕获工具之后可以用于捕获所得电路图并且产生表示电路图的部件和连接的一个或多个网表(存储在计算机可读介质上)。捕获的电路图之后可以接受一轮或多轮模拟以进行测试和验证。

[0065] 在方块908,一个或多个EDA工具使用方块906处产生的网表来产生表示IC装置的电路的物理布局的代码。这个过程可以包括例如使用网表来放置工具以确定或固定IC装置的电路的每个元件的位置。另外,布线工具建立在放置过程之上以根据网表来添加和排布连接电路元件所需的电线。所得代码表示IC装置的三维模型。代码可以数据库文件格式,例如像图形数据库系统II (GDSII) 格式表示。呈这种格式的数据典型地表示几何形状、文本标签和与呈分级形式的电路布局相关的其他信息。

[0066] 在方块910,向制造设施提供物理布局代码(例如,GDSII代码),所述制造设施使用物理布局代码来(例如,通过掩模作品)配置或以其他方式适应制造设施的制作工具以制作IC装置。也就是说,物理布局代码可以编程到一个或多个计算机系统中,所述物理布局代码

之后可以完全或部分控制制造设施的工具的操作或在其中执行的制造操作。

[0067] 在一些实施方案中,上文描述的技术的某些方面可以通过处理系统中执行软件的一个或多个处理器来实现。软件包括存储在或以其他方式有形地体现在非暂态计算机可读存储介质上的一组或多组可执行指令。软件可以包括在由一个或多个处理器执行时操纵所述一个或多个处理器来执行上文描述的技术的一个或多个方面的指令和某些数据。非暂态计算机可读存储介质可以包括例如磁盘或光盘存储装置、固态存储装置诸如闪存器、缓存、随机存取存储器(RAM)或者一种或多种其他非易失性存储器装置等等。存储在非暂态计算机可读存储介质上的可执行指令可以是源代码、汇编语言代码、目标代码或由一个或多个处理器编译或以其他方式执行的其他指令格式。

[0068] 应注意到,并不需要上文以一般描述描述的所有活动或元件,可能不需要特定活动或装置的一部分,并且除了所描述的那些之外,还可以执行一个或多个另外的活动或者包括一个或多个另外的元件。仍然另外,列出活动所依据的顺序不必是执行所述活动的顺序。而且,已经参考特定实施方案描述了概念。然而,本领域普通技术人员应了解到,在不脱离以下权利要求书中所阐述的本公开的范围的情况下可以进行各种修改和改变。因此,说明书和附图应被视为具有说明性的意义而不是限制性的意义,并且所有这类修改意图被包括在本公开的范围内。

[0069] 上文已经针对特定实施方案描述了益处、其他优点和问题的解决方案。然而,益处、优点或问题的解决方案以及可以使任何益处、优点或解决方案发生或变得更为突出的任何特征不应当被解释为任何或所有权利要求的关键的、必要的或根本的特征。此外,以上公开的特定实施方案只是说明性的,因为所公开的主题可以对本领域中受益于本文的教义的技术人员显而易知的不同但等效的方式来修改和实践。除了如以下权利要求书中所描述,并不意图限制本文所示的构造或设计的细节。因此,显而易见的是上文公开的特定实施方案可以进行改变或修改,并且所有这类变化都被认为处在所公开的主题的范围内。因此,本文所寻求的保护在以下权利要求书中进行阐述。

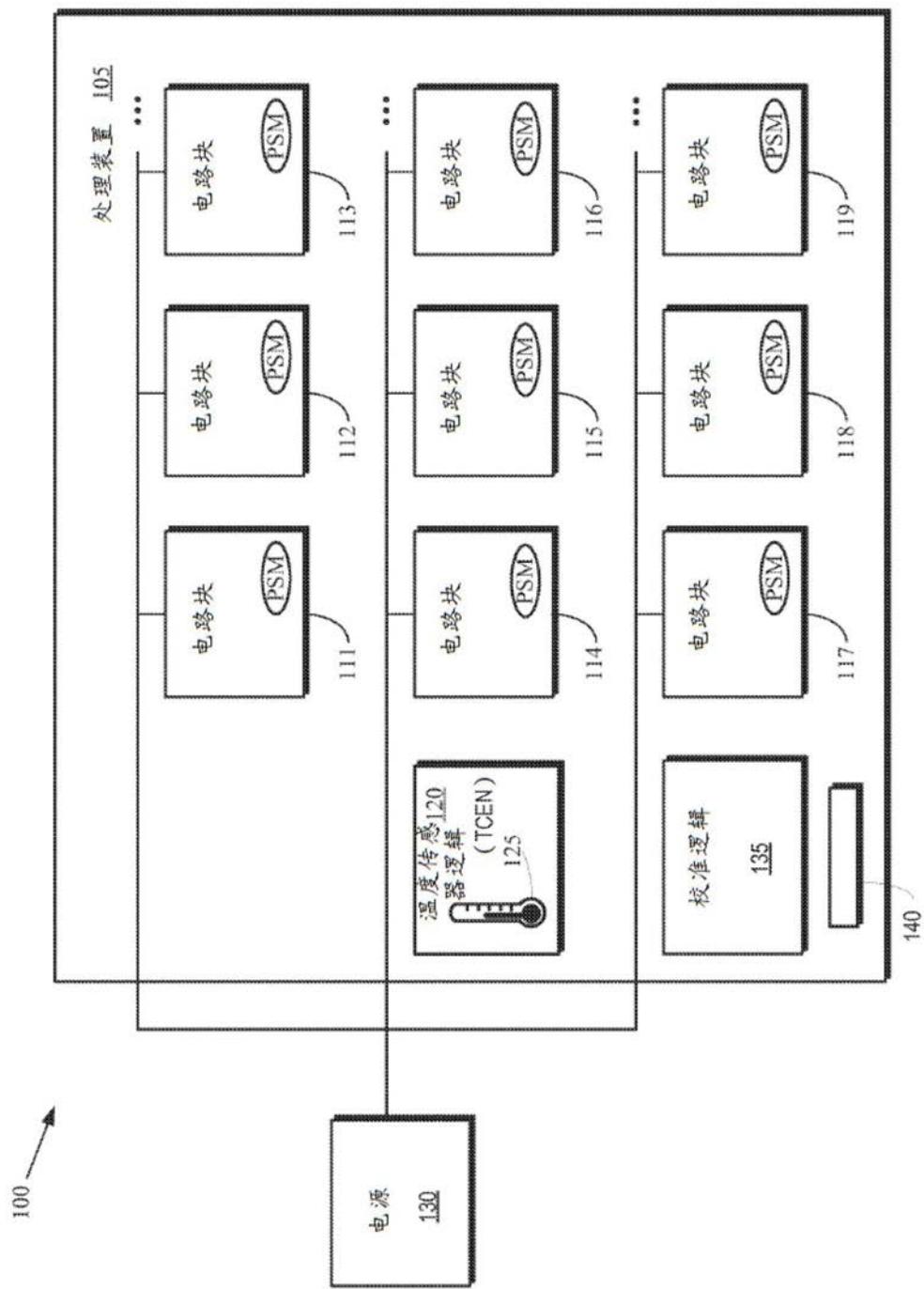


图1

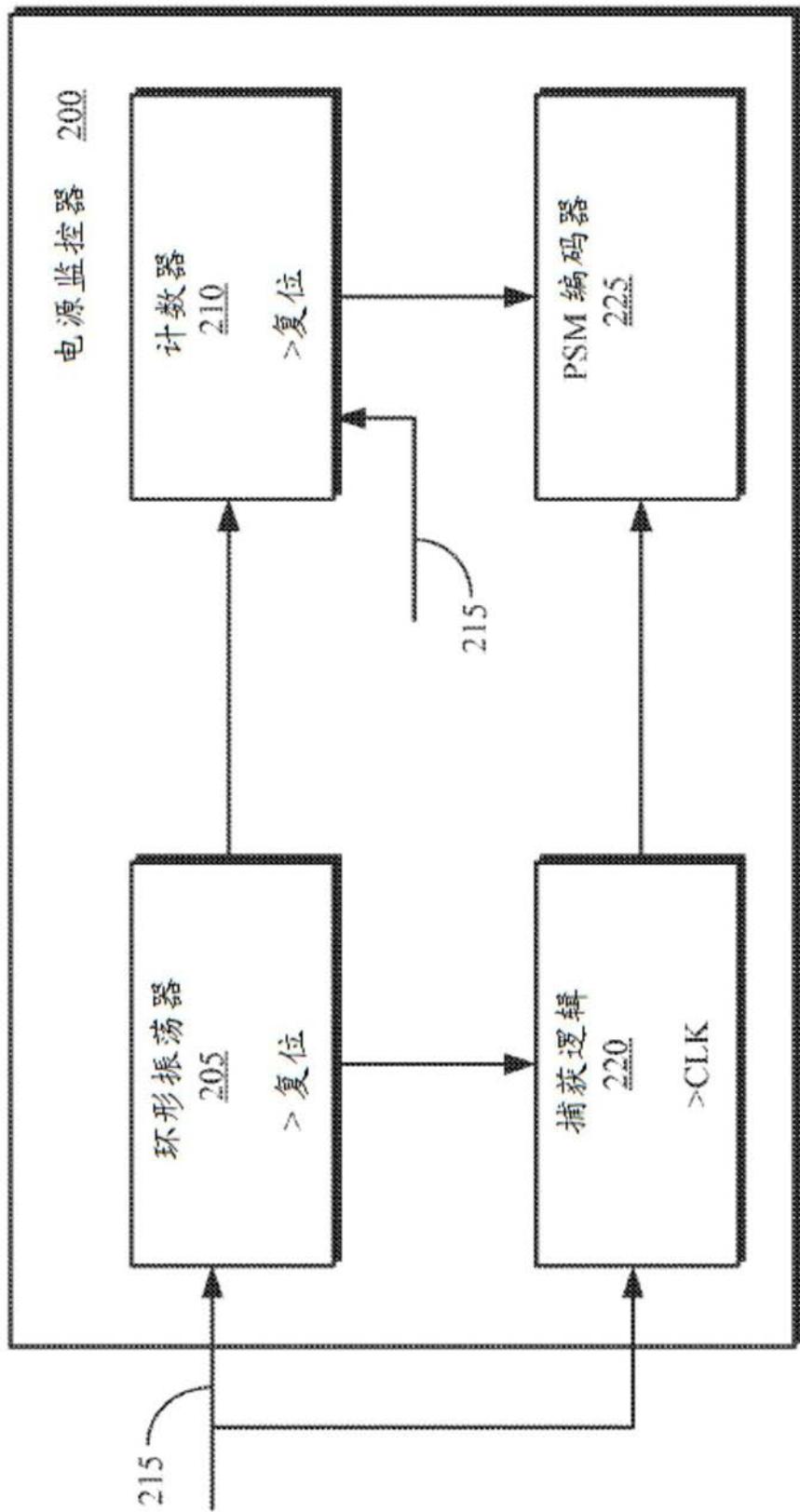


图2

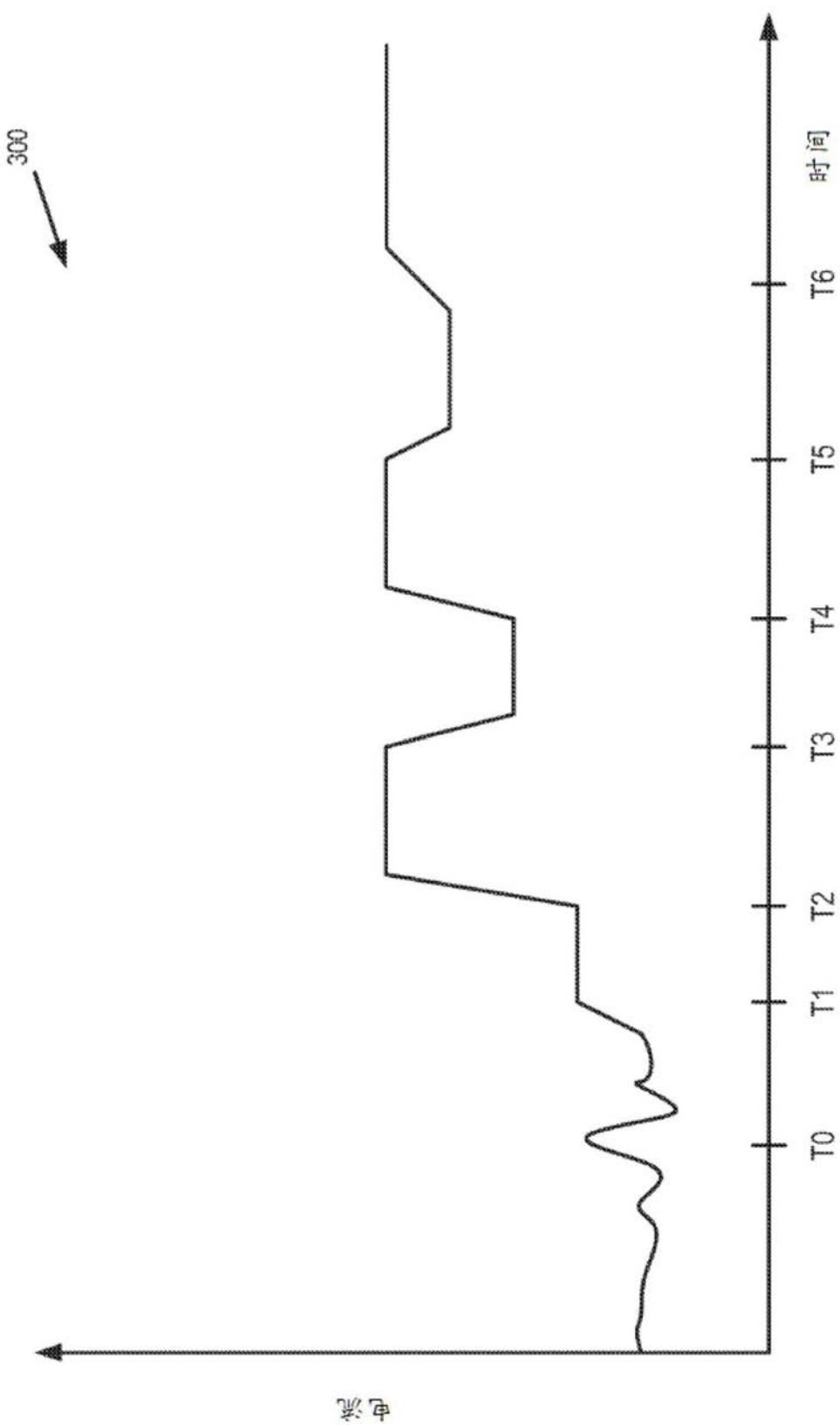


图3

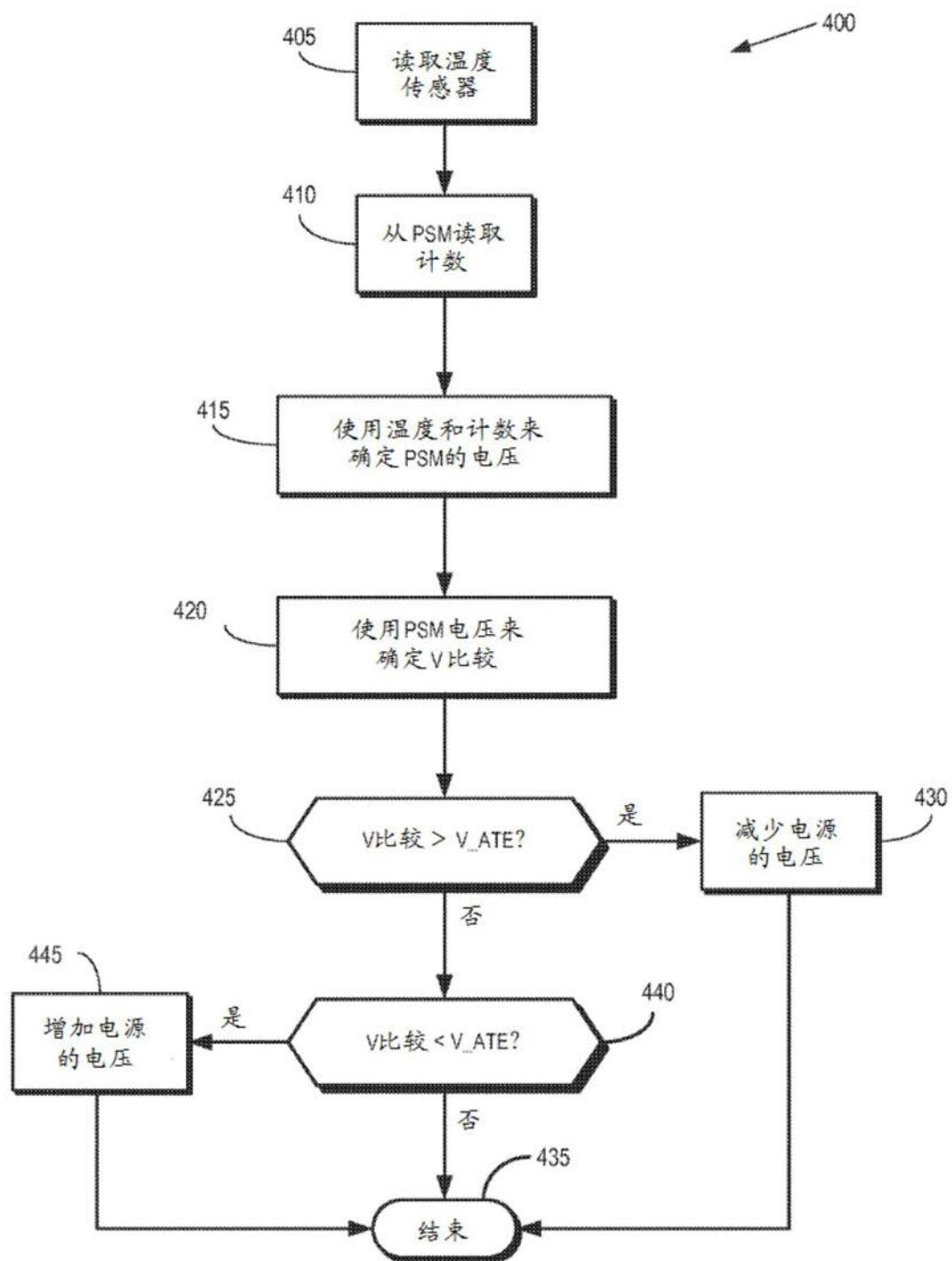


图4

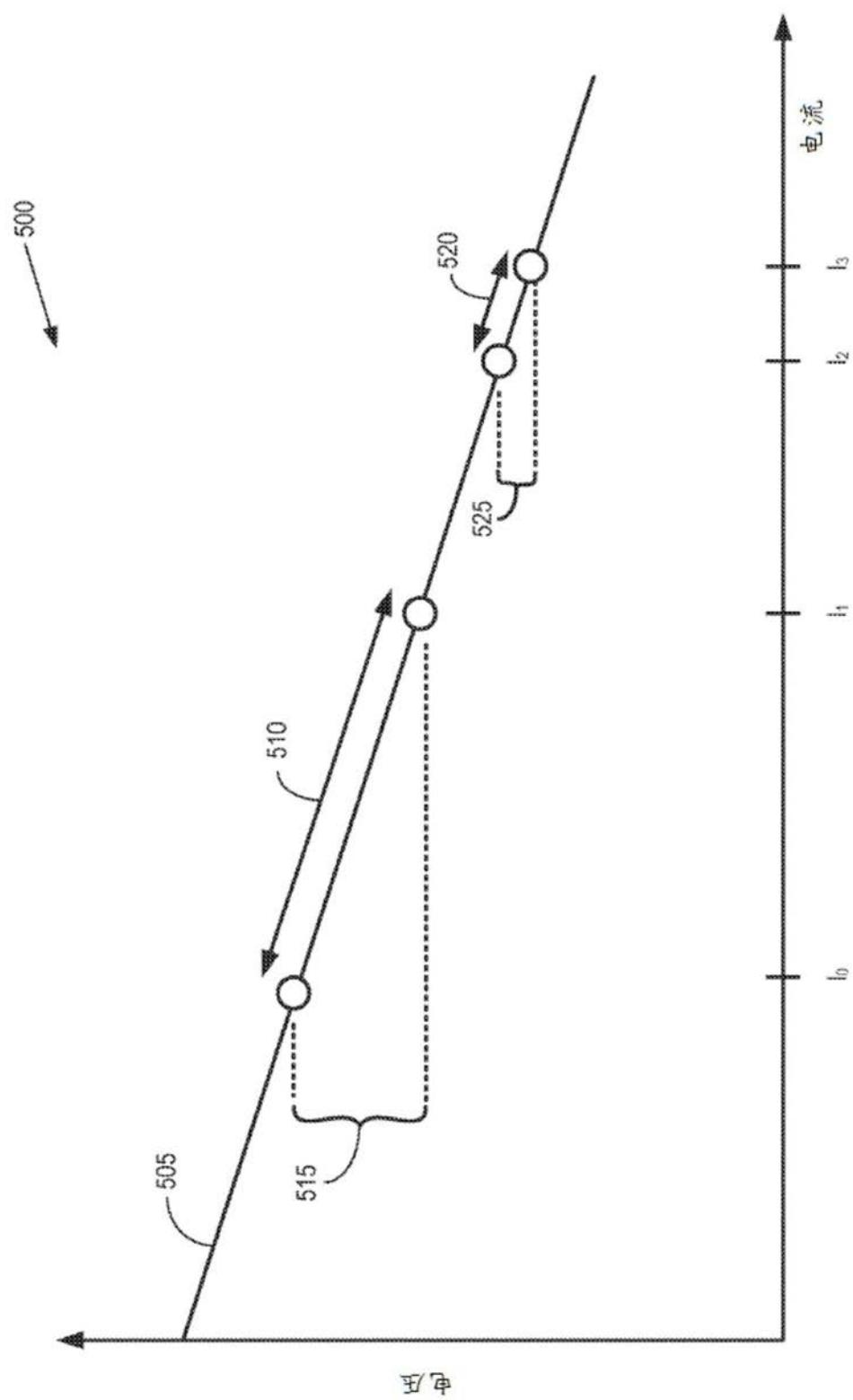


图5

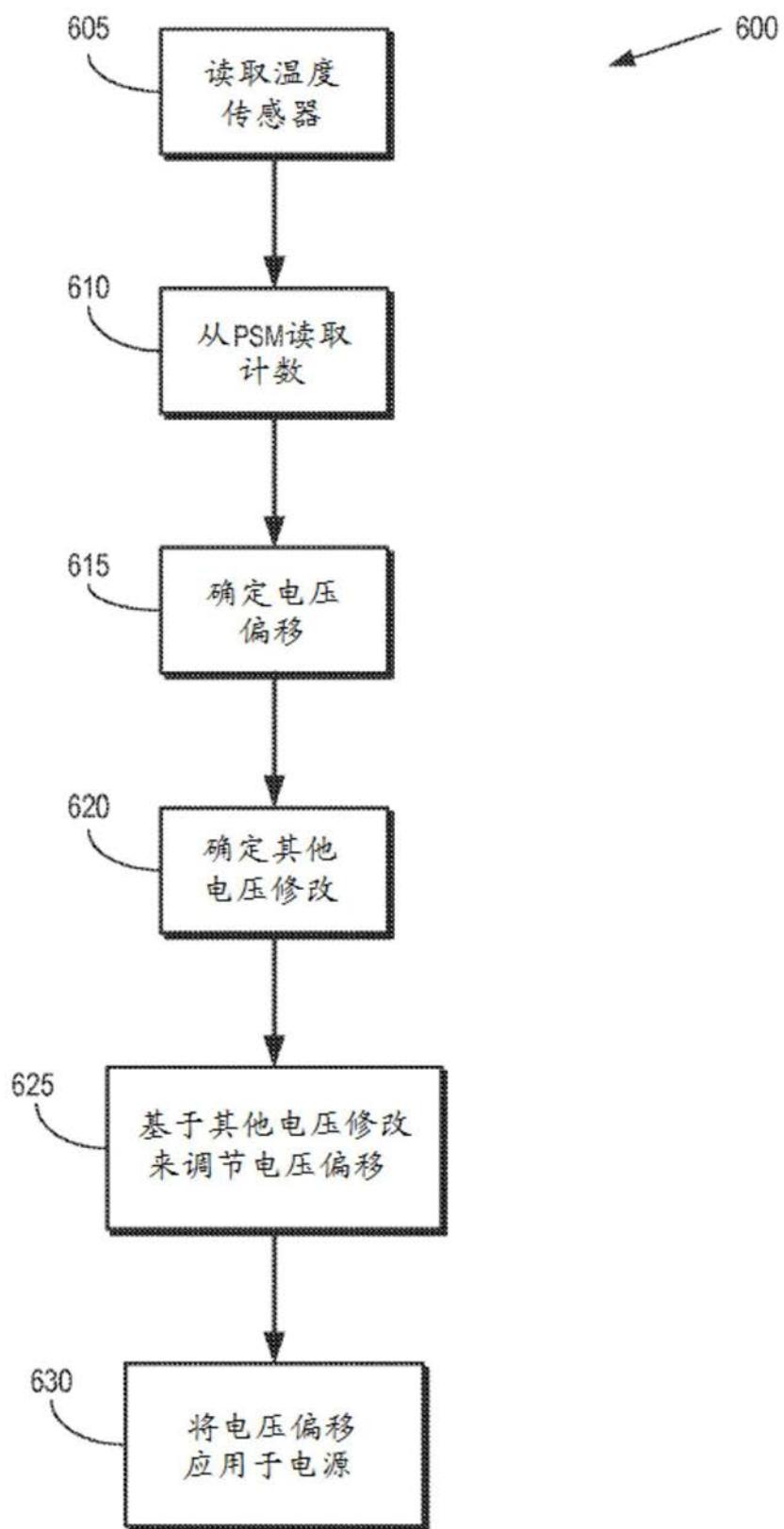


图6

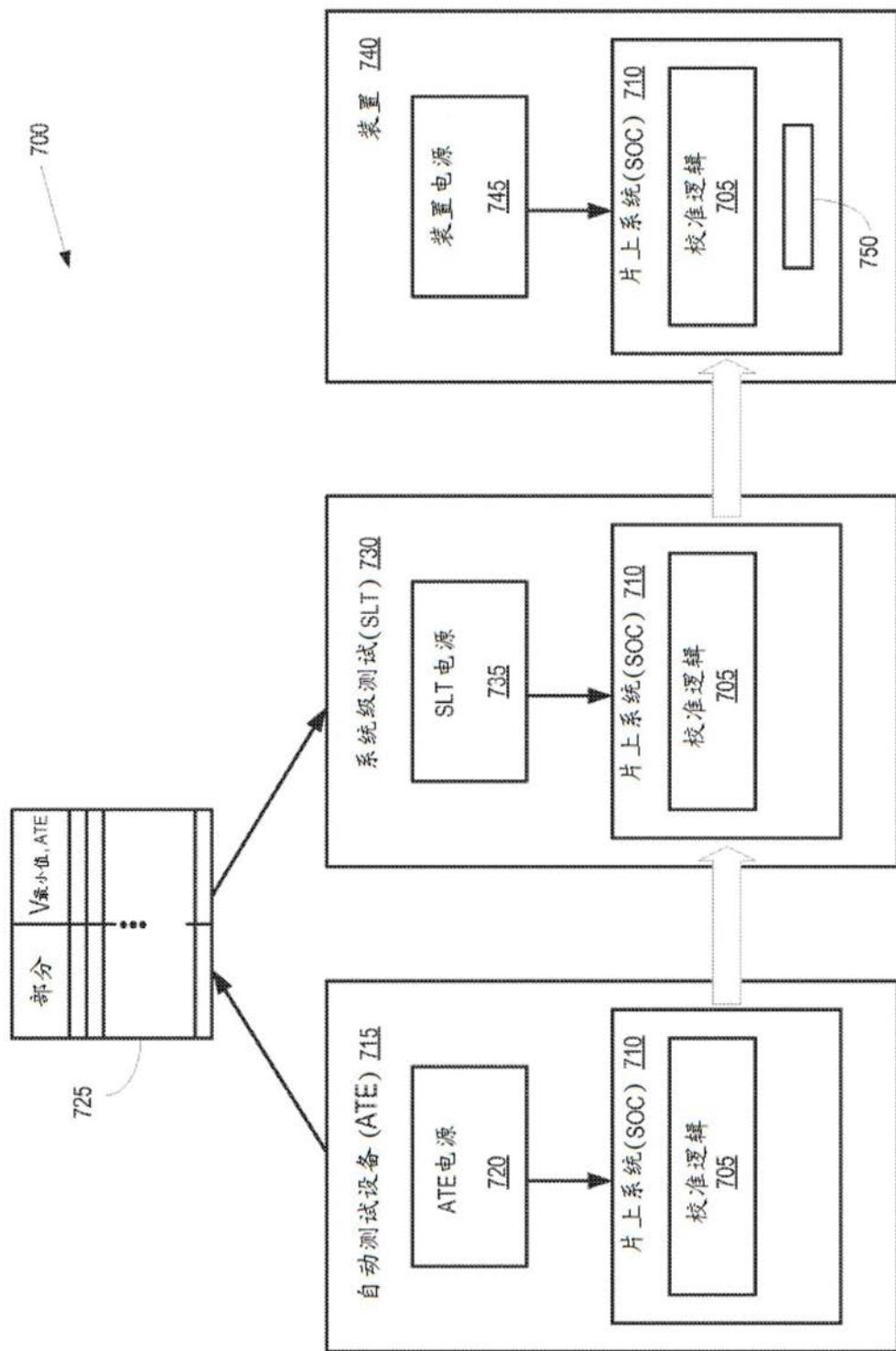


图7

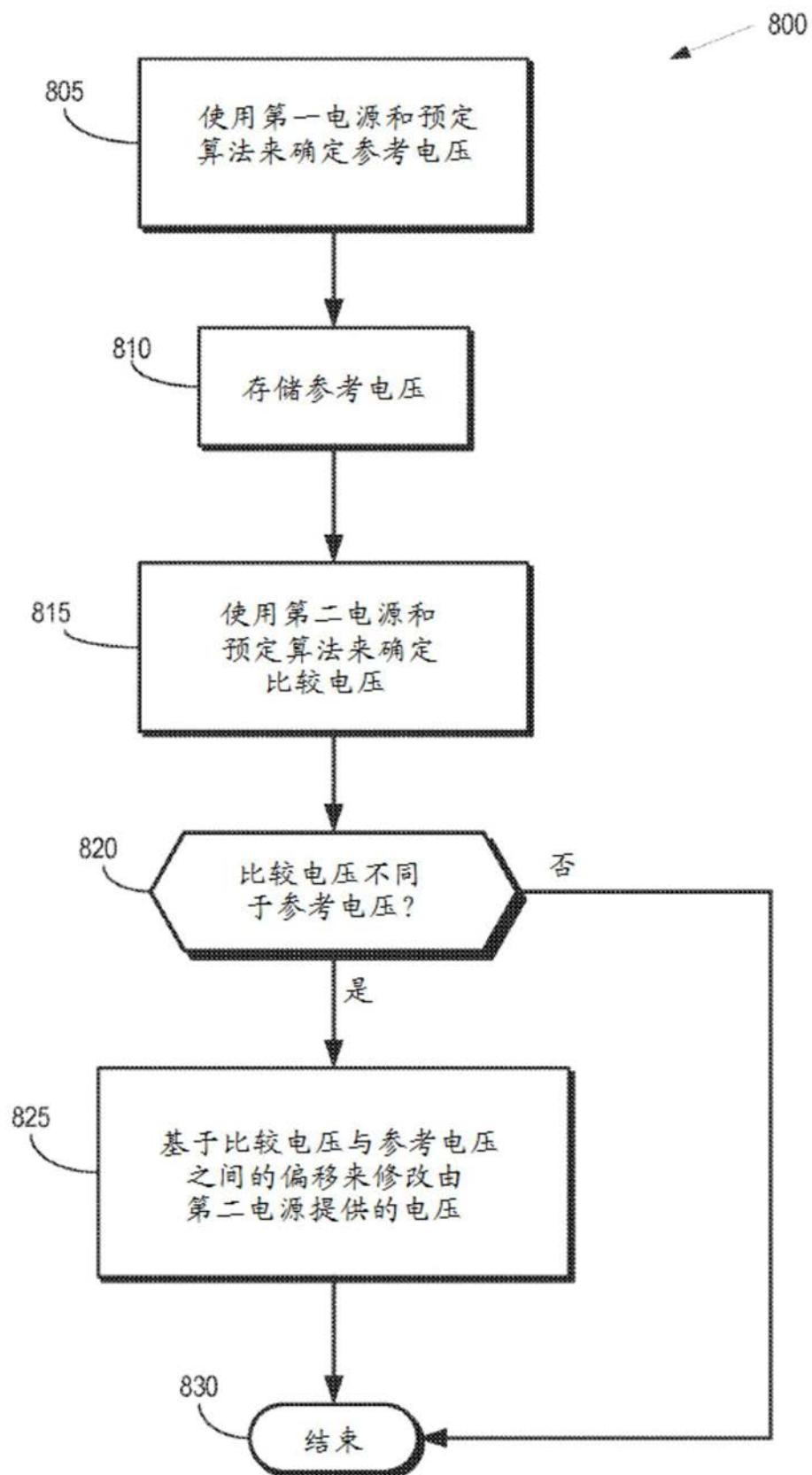


图8

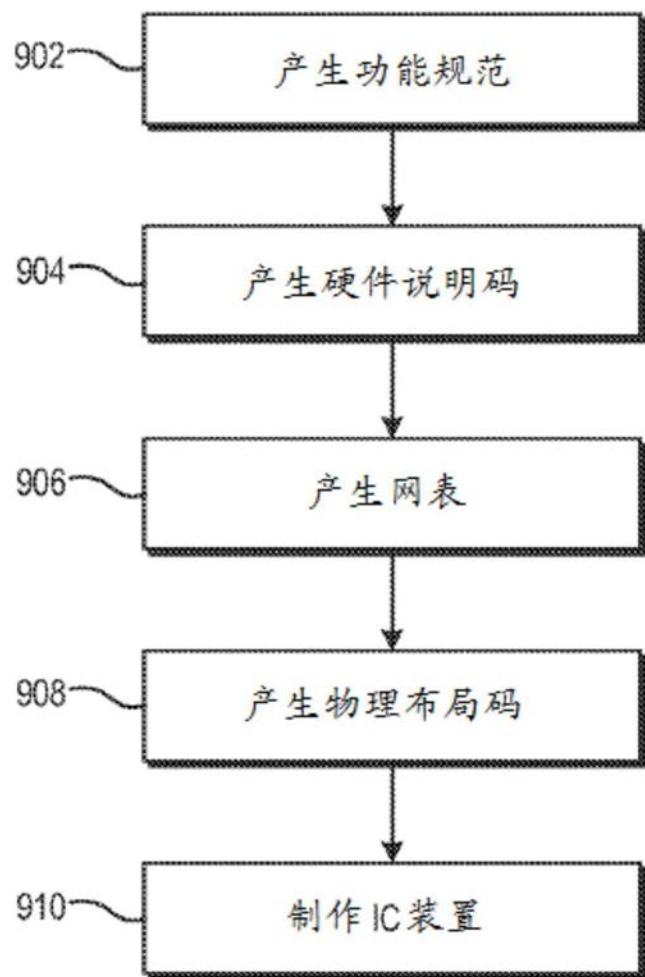


图9