



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1985232 B

(45) 授权公告日 2011.03.02

(21) 申请号 200480043537.0

(22) 申请日 2004.07.15

(85) PCT申请进入国家阶段日  
2007.01.05

(86) PCT申请的申请数据  
PCT/IB2004/002301 2004.07.15

(87) PCT申请的公布数据  
W02006/010988 EN 2006.02.02

(73) 专利权人 诺基亚公司  
地址 芬兰埃斯波

(72) 发明人 帕西·科利尼米 埃尔基·诺克科南  
迈克·贾格尔

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所  
11256

代理人 吴立明

(51) Int. Cl.  
G06F 1/26 (2006.01)

(56) 对比文件  
US 5727208 A, 1998.03.10, 见说明书第1栏

第23行到第31行,第2栏第24行到第3栏第58行,第5栏第12行到第7栏最后一行.

CN 2237866 Y, 1996.10.16, 全文.

US 2003/0120961 A1, 2003.06.26, 全文.

US 5630110 A, 1997.05.13, 全文.

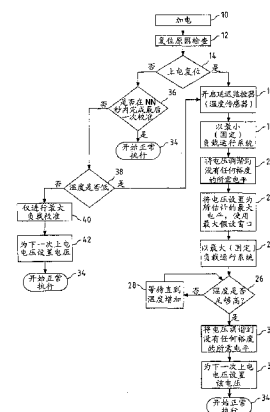
审查员 赵晓春

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 3 页

(54) 发明名称  
自适应电压调节

(57) 摘要

本发明涉及用于确定用以操作集成电路的供电电压电平的方法、系统、模块、使用以及计算机程序产品。为了允许准确的电压电平校准,本发明提出了向集成电路提供高负载状态,调整该集成电路的第一电压电平以提供高负载状态下该集成电路的稳定操作,测量高负载状态下该集成电路的温度,存储在该高负载状态下所测量的温度,并存储在该高负载状态下所调整的第一电压电平。



1. 一种用于调整用以操作集成电路的供电电压电平的方法,包括如下步骤:
  - 向所述集成电路提供高负载状态,
  - 调整所述集成电路的第一电压电平,以便提供在所述高负载状态下所述集成电路稳定的操作;
  - 存储在所述高负载状态下的调整的第一电压电平,
  - 向所述集成电路提供低负载状态;
  - 调整所述集成电路的第二电压电平以提供在所述低负载状态下的所述集成电路稳定的操作;
  - 存储在所述低负载状态下的调整的第二电压电平,
  - 根据所述集成电路的工作点以及所述存储的第一电压电平和第二电压电平来调整所述电压电平。
2. 根据权利要求 1 所述的方法,包括在所述高负载状态下测量所述集成电路温度,以及存储在所述高负载状态下所测量的温度。
3. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,其中调整所述电压电平的步骤是在所述高负载状态下的操作期间以所述存储的第一电压电平加上小于所述第一电压电平 10% 的电压裕度来调整所述电压电平。
4. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,其中调整所述电压电平的步骤是在高负载状态下的操作期间以所述存储的第一电压电平加上接近于零的电压裕度来调整所述电压电平。
5. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,包括在所述高负载状态下测量所述集成电路中的电特性,并存储所测量的电特性。
6. 根据权利要求 5 所述的方法,包括在所述集成电路中测量 IR 压降和 / 或电流作为电特性。
7. 根据权利要求 1 所述的方法,包括在所述低负载状态下测量所述集成电路的温度,以及存储在所述低负载状态下所测量的温度。
8. 根据权利要求 1 所述的方法,其中调整所述电压电平的步骤是在低负载状态下的操作期间以所述存储的第二电压电平调整所述电压电平。
9. 根据权利要求 1 所述的方法,其中调整所述电压电平的步骤是在低负载状态下的操作期间以所述存储的第二电压电平加上大于零的电压裕度来调整所述电压电平。
10. 根据权利要求 1 所述的方法,其中调整所述电压电平的步骤是在低负载状态下的操作期间以所述存储的第二电压电平加上大于所述第二电压电平 10% 的电压裕度来调整所述电压电平。
11. 根据权利要求 1 所述的方法,包括在所述低负载状态下测量所述集成电路中的电特性,并存储所测量的电特性。
12. 根据权利要求 1 所述的方法,包括通过在高负载状态或低负载状态下的操作期间所测量的所述集成电路的温度和 / 或电特性来确定用以调整所述电压电平的所述集成电路的工作点。
13. 根据权利要求 1 所述的方法,包括通过处理器负载状态和 / 或硬件负载状态来确定用以调整所述电压电平的工作点。
14. 根据权利要求 1 所述的方法,包括根据所述工作点,以所述存储的第一电压电平与

最大的所述第二电压电平之间的某个电压电平来调整在所述高负载状态与所述低负载状态之间的操作期间的所述电压电平。

15. 一种用于确定用以操作集成电路的供电电压电平的装置,所述装置包括:

- 集成电路,
- 电压控制器,用于控制所述集成电路的所述电压电平,
- 负载测量装置,用于测量所述集成电路的负载状态,以及
- 存储器,用于存储所述测量的负载状态,其中:

- 所述电压控制器用于调整在高负载状态下的第一电压电平以提供所述集成电路的稳定操作,以及用于调整低负载状态下的第二电压电平以提供所述集成电路稳定的操作,以及进一步用于根据所述集成电路的工作点以及所述存储的第一电压电平和第二电压电平来调整所述电压电平。

16. 根据权利要求 15 所述的装置,包括温度相关测量装置,其用于测量所述集成电路的所述温度,以及存储器,其用于存储所测量的负载状态和所测量的温度。

17. 根据权利要求 15 所述的装置,其中调整所述电压电平的所述电压控制器用于在高负载状态下的操作期间以所述存储的第一电压电平加上小于所述第一电压电平 10% 的裕度调整电压电平。

18. 根据权利要求 15 所述的装置,其中调整所述电压电平的所述电压控制器用于在高负载状态下的操作期间以所述存储的第一电压电平加上零的裕度调整电压电平。

19. 根据权利要求 15 所述的装置,其中所述电压控制器用于根据所述集成电路的工作点,在所述第一电压电平与所述第二电压电平之间调整所述电压电平。

20. 根据权利要求 16 所述的装置,其中所述温度相关测量装置以及所述负载测量装置被嵌入到所述集成电路内。

21. 根据权利要求 16 所述的装置,其中提供数字控制接口以便将所述集成电路与所述电压控制器相连接。

22. 根据权利要求 16 所述的装置,其中所述集成电路为单芯片或多芯片封装。

23. 一种电子装置,包括用于确定用以操作集成电路的供电电压电平的模块,该模块包括:

- 集成电路,
- 电压控制器,用于控制所述集成电路的所述电压电平,
- 负载测量装置,用于测量所述集成电路的负载状态,以及
- 存储器,用于存储所述测量的负载状态,其中:

- 所述电压控制器用于调整在高负载状态下的第一电压电平以提供所述集成电路的稳定操作,以及用于调整低负载状态下的第二电压电平以提供所述集成电路稳定的操作,以及进一步用于根据所述集成电路的工作点以及所述存储的第一电压电平和第二电压电平来调整所述电压电平。

## 自适应电压调节

### 技术领域

[0001] 本发明总体涉及方法、系统、模块、计算机程序产品以及用于确定用于操作集成电路的供电电压电平的此类系统或模块的使用。

### 背景技术

[0002] 集成电路的操作速度,尤其是基于硅技术的集成电路,取决于硅处理的变化、电压变化、以及温度变化。这些变化可能还在操作和处理器速度方面影响该集成电路。在频率大约为 400 到 500MHz 的集成电路中,该电压相关性可以为大约 1MHz/mV。通过这些值明显看出,向集成电路提供正确的电压可能是集成电路操作中的关键任务。例如,100mV 的电压改变可以引起在 CPU 最大操作频率上 100MHz 的差别。

[0003] 除了由于电压变化造成处理器速度的变化以外,硅技术具有由处理容限引起的差异的缺点,尤其在硅制造期间。独立于电压,材料中的变化可引起大约 30% 的速度变化。这意味着具有提供最弱性能的材料的最弱集成电路可能比具有允许高性能的材料的最强电路慢 30%。

[0004] 除了该电压相关性以及材料变化以外,温度变化也可能引起处理器速度变化。在 1V 的技术中,温度变化可能引起高于处理器速度的 5% 变化。另外,升高的温度可能引起在该集成电路中升高的阻抗。集成电路内部的电压降(IR 压降)随着温度的增加而增加。因此,温度变化可能通过两种机制削弱计算速度。这就是由于温度变化造成的本征变化以及由于 IR 压降造成的非本征变化。IR 压降可以由于在集成电路自身中、焊盘、焊线中以及印刷布线板内的温度变化所引起。供电电压越高,则处理器内功耗就越高。尤其对于在低电压下运行的处理器,供电电压的少量降低使得该处理器中相对功耗显著降低。

[0005] 在集成电路的操作期间,需要用于调节该集成电路电压的控制器来向该集成电路提供使得在所有状态下都能可靠操作的电压。这些情况可由两个极值点来表征。对于由低电压供电、具有弱硅并且以高的温度运行的集成电路,可检测到一个极值。这些因素的累积导致在处理器速度方面最弱的性能。另一方面,处理器速度方面的最佳性能可以高电压、强硅以及低的温度实现。目前的设计规则要求集成电路在这些极端的情况下可靠地工作。

[0006] 为了提供可靠的操作,引入安全裕度。需要这些安全裕度以保证在不同操作状态下以及对于不同硅的可靠操作。该安全裕度应用于施加到集成电路的供电电压。

[0007] 已经提出通过向集成电路施加可变电压来跟踪处理变化以及其他的变化并且对这些变化进行补偿。然而,该建议的方法需要电压裕度来考虑集成电路中瞬时的状态。在没有安全裕度的情况下,操作状态中的改变太快以至于无法对其补偿。

[0008] 特别在高负载的状态下,其中集成电路内的许多操作被处理,该集成电路中的功耗是高的。在高负载的状态下,该集成电路消耗几百毫安(mA),例如 500mA。在待机模式期间,在低负载的状态下,其中集成电路中仅有几项操作被加以处理,该集成电路中的功耗是低的。在低负载模式下可能是几十毫安的量级。

[0009] 特别在高负载的状态下,例如,移动电话的高速数据呼叫或针对视频、音频或任何

其他多媒体应用的操作模式将消耗大部分的能量。在高负载状态下能耗的减少可以在功耗方面提供最佳的结果。

[0010] 因此,本发明的一个目的是减少高负载状态下的功耗。本发明的另一目的是减少集成电路中的功耗。本发明进一步的目的是增加电子或移动通信装置的操作时间。本发明的另一目的是考虑处理器速度中以及系统负载中的动态变化。并且还应该对系统变化、硅的变化、温度的变化,和 IR 压降变化加以补偿。

## 发明内容

[0011] 为了克服上述的问题,本发明提供了一种用于确定用以操作集成电路的供电电压电平的方法,该方法向该集成电路提供高负载状态,调整该集成电路的第一电压电平以提供该集成电路在该高负载状态下的稳定操作,并且存储在该高负载状态下调整的第一电压电平。

[0012] 本方法还提出在该高负载状态下测量该集成电路温度,以及存储所测量的温度。

[0013] 该集成电路的高负载状态可以是具有高数量的计算任务的状态。这可以通过以测试程序运行该集成电路加以提供,例如嵌入到该装置自身之中,请求大量的计算任务的测试程序。在其中提供稳定操作的高负载状态下,可以向该集成电路施加电压电平。这种电压电平可以是其中该系统可靠操作的最小电平。可存储所调整的第一电压电平。在该工作点处第一电压电平可以提供该集成电路的可靠操作。

[0014] 温度相关监控器可以确定在高负载状态下该系统的温度。所测量的温度、负载状态以及电压电平可以确定高负载状态。

[0015] 为了提供高负载状态下关于该集成电路状态更好的信息,实施方式提供了测量高负载状态下集成电路内的电特性,并且存储高负载状态下的电特性。

[0016] 在高负载状态下运行该集成电路,可以在启动阶段或任何其他校准阶段完成对第一电压电平的调整并测量温度和 / 或电特性,这可以在集成电路的操作期间发起。当集成电路加电时,可以测量到相应的值。利用这些所测量的值,可以确定高负载状态下的工作点。

[0017] 实施方式提供在高负载状态下正常操作期间以存储的第一电压电平来调整电压电平。目前,总是可以以提供可靠操作的电压来完成对该集成电路的操作。先前确定的第一电压电平允许甚至在高负载状态下的可靠操作。

[0018] 在具有高温度的高负载状态下提供安全裕度将造成高的功耗。例如,在高负载状态下将平均电压电平减小 100mV,对于 1V 的操作电压,可以得到功耗 20% 的减小。

[0019] 实施方式提供在高负载状态下操作期间以所存储的第一电平加上 小于该第一电压电平 10% 的电压裕度来调整电压电平。这种思路是在高负载、高温度的状态下减小安全裕度。在高负载状态下该电压裕度的减小带来了平均功耗的显著降低。

[0020] 在高负载、高温度的状态中,无须对变化加以补偿。操作状态可能不会更为恶化。高负载和高温度的已经成为最坏的操作状态。更坏的瞬态变化不再可能发生。已经在测量第一电压电平的期间考虑了材料变化。因此,该第一电压电平甚至在最坏的操作状态下提供了稳定的操作。目前,由于测量精度的允许,该电压裕度也可以为零或接近于零。实施方式提供在高负载状态下的操作期间以所存储的第一电压电平加上接近于零的电压裕度调整电

压电平。在高负载状态下保持该电压电平为零或接近于零,当提供该第一电压电平时,可靠的操作仍然是可能的。

[0021] 在低负载状态下,需要增大该电压裕度,因为在低负载状态下,由于环境或处理器负载中的变化造成的对不利的状态的改变可能是动态的并需要得到补偿。然而,由于高负载状态下功耗是最高的,所以降低高负载状态下的电压裕度考虑了功耗的大部分降低。

[0022] 为了确定操作状态,实施方式提供在操作期间测量电特性。该电特性可以是集成电路中的自激振荡器的频率、IR 压降、电压或电流,或任何其他适当的电特性。

[0023] 实施方式允许向集成电路提供低负载状态,调整该集成电路的第二电压电平以提供低负载状态下该集成电路的稳定操作以及存储在低负载状态下所调整的第二电压电平。

[0024] 本方法还可以测量低负载状态下该集成电路的温度并存储低负载状态下所测量的温度。

[0025] 该集成电路的低负载状态可以是具有小数目计算任务的状态。这可以通过以请求少量计算任务的测试程序运行该集成电路而加以提供。可以在其中提供了稳定操作的低负载状态下向该集成电路施加电压电平。所施加到该集成电路的电压可以低于高负载状态下所施加的电压。可以存储所调整的第二电压电平。该值可确定低负载工作点。在该工作点处,第二电压电平可提供该集成电路的可靠操作。

[0026] 此外,温度相关监控器可以确定低负载状态下的系统温度。接着可以一并存储所测量的温度和所调整的第二电压电平。目前低负载状态可以从这两个值确定。

[0027] 实施方式提供在低负载状态下的操作期间以存储的第二电压电平调整电压电平。

[0028] 为了考虑瞬态变化,尤其是温度和负载的瞬态变化,实施方式用于在低负载状态下操作期间以所存储的第二电压电平加上大于零的电压裕度调整电压电平。例如,该电压裕度可以大于该第二电压电平的 5% 到 10%。该电压裕度允许对操作期间的瞬态改变进行补偿。在低负载状态下,操作状态可以快速的变化。计算负载可以增大。温度也可以升高。这可能有害于操作状态,这对于稳定操作来说需要更高的电压。控制器可能无法像操作状态改变一样快的去调整电压。因此该电压裕度甚至在操作状态存在动态改变的情况下提供稳定的操作。

[0029] 为了进一步确定低负载状态下的特性,实施方式提供测量在低负载状态下的集成电路内的电特性,并且存储低负载状态下的电特性。

[0030] 通过对高负载状态下和低负载状态下的电压电平和温度的测量,可以确定最小和最大的工作点。通过在引导集成电路的期间对这些值的确定,材料变化可以得到考虑,并且由于材料造成的变化可以得到消除。在测量以最大和最小负载状态完成的情况下,并且电压电平和温度或电特性已被测量,则系统状态是已知的。介于这些先前所测量的极值中间的值可以从操作状态计算。实施方式提供了通过操作期间所测量的温度和 / 或电特性来确定用于调整电压电平的工作点。使用该工作点以及先前所确定的第一和第二电压电平,则可计算施加到该集成电路、提供稳定操作的电压电平。

[0031] 通过处理器负载状态和 / 或硬件负载状态,也可以确定用于调整电压电平的工作点。该工作点越接近高负载状态,则需要被计算的该电压电平的安全裕度就越低,这是由于变化接着可以由更低的电压裕度补偿。在低负载状态下,从有利的操作状态到不太有利的操作状态的改变可发生的比以动态电压调整对其做出补偿更快。因此,需要电压裕度。然

而,在高负载状态下,不再需要电压裕度,这是由于状态可能不会降低到不太有利的状态。

[0032] 本发明的另一方面是用于确定用以操作集成电路的供电电压电平的系统,尤其是用于实现前述的方法的系统,该系统包括集成电路,用于控制集成电路的电压的电压控制器,用于确定集成电路的负载状态的负载确定装置,以及用于存储所测量的负载的存储器,其中电压控制器用于调整高负载状态下的第一电压电平以提供该集成电路的稳定操作。

[0033] 还可以提供用于测量该集成电路温度的温度相关测量装置,并提供存储器以便存储所测量的温度和所确定的负载。所测量的温度可以增加该装置的精度。

[0034] 在这样的系统中,可以提供延迟监控器,该监控器可以是电压相关的、温度相关的和/或处理相关的。另外,也可以提供电压无关、温度相关的延迟监控器。延迟监控器可监控操作状态。电压控制器可以控制集成电路的电压并可以经由接口连接到集成电路。负载确定装置可以确定系统负载,即,在集成电路中处理的操作的数目。负载可由软件产生并且该软件可以向负载确定装置提供关于当前负载的信息。

[0035] 实施方式提供将温度相关测量装置和负载测量装置嵌入到集成电路内。在这种情况下,集成电路自身可以允许确定其工作点。

[0036] 为了控制集成电路,根据实施方式可以提供数字控制接口。这种数字控制接口可以将集成电路与电压控制器装置连接。

[0037] 实施方式进一步提供将该集成电路作为单芯片或多芯片封装。这些可以应用在印刷布线板上。被封装的芯片可以是不同集成电路的封装或集成电路的封装堆叠。每个电路可能需要自己的测量装置。

[0038] 本发明的又一方面包括此类系统的模块。

[0039] 本发明的另一方面是在电子装置或移动通信装置中使用此类系统或此类模块。

[0040] 而本发明的另一方面是包括用于确定用以操作集成电路的供电电压电平的计算机程序的计算机程序产品,该程序包括可操作为使得处理器实现上述方法的指令,即向集成电路提供高负载状态,调整集成电路的第一电压电平以提供高负载状态下集成电路的稳定操作,以及存储在高负载状态下所调整的第一电压电平。

[0041] 根据具体实施方式,提供了测量高负载状态下的集成电路的温度,并存储高负载状态下所测量的温度。

[0042] 本发明其他的目的和特征将由结合附图的以下详细描述而变得明显。然而,应该理解设计的附图仅用于示例性的目的而并非作为对本发明范围的限定,对本发明的限定应针对所附的权利要求书做出。还应该进一步理解,附图并非按比例描绘并且它们仅旨在概括地示出这里所描述的结构和过程。

## 附图说明

[0043] 附图示出了:

[0044] 图 1a 示出了具有强硅的集成电路中的电流和电压变化;

[0045] 图 1b 示出了具有弱硅的集成电路中的电压和电流变化;

[0046] 图 2 是示出了本发明方法的示意性流程图;

[0047] 图 3 是示出了本发明系统的方框图。

## 具体实施方式

[0048] 集成电路,诸如例如专用集成电路(ASIC),被设计用于提供具有处理能力的电子装置。向集成电路供应保证在不同操作状态下进行可靠操作的供电电压。可以对在 ASIC 中的处理变化和温度变化加以监控。对电压上限进行监控以防止过电压。应该使用最低可能电压来实现以所需系统速度运行该系统以便保持低的功耗。延迟跟踪模块可以指示该系统是否能够以某些频率加以操作。这些延迟跟踪模块可以由可以测量自激振荡器最大频率的门元件提供。这可以是集成电路中的延迟的指示。电压电平调整可以是基于软件或硬件的。系统需要以鲁棒的方式设计,即使伴随着由于温度、材料、IR 压降或其他造成的变化也允许安全的操作。因此,安全裕度被应用于电压电平。

[0049] 工作点可以从集成电路的频率以及供电电压加以确定。可以以最大或最小负载做出测量以找出 IR 变化电平。基本上,这些测量可以在当负载已知时的任何时刻做出。由于该 IR 压降动态地变化,对整个 IR 压降进行动态地补偿是不太可能的。因此,需要应用安全裕度。

[0050] 所需的电压电平取决于时钟频率。时钟频率越高,则所需的电压就越高。

[0051] 针对不同的硅,所需电压电平可以不同。对于强硅,伴随较小电压的更高速率是可能的。对于弱硅,需要施加更高的电压以获得相同的系统速度。随着温度的升高,该速度随相同的电压减小。

[0052] 图 1a 示出了对于不同负载状态的电流曲线 6 和电压曲线 8。这些曲线是系统负载的函数。所示出的电压电平是 ASIC 中由晶体管观察到电压电平。该电压随着负载的增大而降低。由于功率是电压乘以电流,所以显然伴随着高的负载,大部分的功率被消耗。随着负载增大和减小,实际中的电压可具有某些下冲和过冲或者瞬态过程。并且某些纹波和/或噪声可能会发生在该电压曲线中。然而,为了简化,两种变化均未在示图中示出。

[0053] 进一步描绘出的是最大电流水平 1、最大 ASIC 电压电平 2a、最小 ASIC 电压电平 2b、技术可靠性电压电平 3,以及不同负载状态 4a、4b、4c。

[0054] 图 1a 中所描绘的电压降低和电流升高中的变化考虑弱硅。在系统负载增大的瞬态状态 4b 中,可从图 1a 看到电流曲线 6 与电压曲线 8 是陡峭的。为了考虑该瞬态变化,电压裕度是必要的。这些裕度允许对动态改变进行补偿。

[0055] 图 1b 示出了对于强硅的电流曲线 6 和电压曲线 8。对于相同的操作速度,强硅需要更小的电压。相比于图 1a 中所描绘的弱硅,降低了功耗。在瞬态状态 4b 下,电流曲线 6 和电压曲线 8 不太陡峭。另外,在高负载状态下,所需电压要低于弱硅所需的电压。

[0056] 为了考虑不同的材料以及不同的操作状态,可应用如图 2 中所描绘的根据本发明的方法。所描绘的方法需要该 ASIC 内部或外部的电压和温度测量。还可以进行 IR 压降测量。所描绘的校准序列可以从校准模式的启动处运行或任何其他校准模式的启动处运行,从而该 ASIC 达到不变的状态。通过测量或估计最大的电压请求,可将高负载的状态下的电压裕度降低至接近于零。如果很少发生加电,则所示测量可以在已知状态下周期性地重复。测量可以包括在例如每 30 秒的休眠序列中,以跟踪温度的变化。

[0057] 不同的 ASIC 以各种操作状态运行,并且总是以高于所需电压的方式来调节电压,从而可以可靠的操作。因为在大多数情况下电压太高,这是由于需要考虑所有不利状态的总和,而这几乎不会一次实现,所以电压可以被降低。

[0058] 本发明的方法在高负载的状态下降低了裕度并可以最终在高负载状态的最重要状态下去除该裕度。在高负载状态下,可以基于在每个 ASIC 上的测量而选择性地去除 IR 压降的裕度和温度的裕度。本发明允许降低施加于该 ASIC 的平均电压电平。该电压电平根据用于特定 IC 的每个 ASIC、功率管理芯片以及印刷布线板而设置。对于每种产品,可以分别地去除裕度。

[0059] 由于在不同产品的功率管理芯片、集成电路和印刷布线板中的变化,电压电平在每种设计中可能不同。这可能导致消费品功耗的某些变化。然而,由于总体功耗可以降低,该变化可以被忽略。系统需求品是电压相关延迟监控器,该监控器可以是与温度和处理相关的,也可以是电压无关的温度监控器。

[0060] 在加电 (10) 处并且在复位原因检查 (12) 之后,确定该复位是上电复位还是软复位 (14)。首先,开启可包括温度传感器的电压相关和电压无关延迟监控器 (16)。然而,仅需要这些延迟监控器中的一个。系统被设置为最小的固定负载状态,这就是人工系统操作 (18)。通过将系统负载固定到最小的和已知的 IR 压降和电流,电压电平被调整到最小电平,其中该系统可以可靠的操作 (20)。在没有任何裕度的情况下施加电压电平。首先应用低负载状态是有用的,从而保持 ASIC 低的温度。应用高负载状态可导致 ASIC 温度升高,并且随后的低负载测试状态可能要等待直至温度再次降低。然而,即使在高负载状态下,如果该温度得以测量,则可以考虑温度的影响。

[0061] 在存储了该电压电平之后,该电压电平被设置为最大的可能电压 (22) 并且以新的固定负载状态应用该系统,该状态是最大负载 (24)。当应用高负载时,该最大电压对于提供稳定操作是必需的。

[0062] 在下一个步骤中,测量温度 (26) 并确定是否达到某个温度状态 (28)。然而,这可以不是必需的。环境温度可以在宽的范围内变化。目前,可以在某个点处测量温度并可以计算最小和最大温度。这是可以的,因为温度影响是公知的并且允许从温度曲线中的已知开始点计算最小和最大温度。利用固定的 IR 压降,已知温度和高负载,电压电平可被调整为仍提供可靠操作的电平 (30)。在没有任何裕度的情况下施加该电压电平。存储该确定的电压电平以用于下一次的上电 (32)。因此,在下一次加电时,即使具有高的温度和高的 IR 压降,也可以提供可靠的操作。

[0063] 利用针对低负载状态和已知温度所存储的电压电平以及针对高负载状态和已知温度的电压电平,可以开始正常的执行 (34)。在正常执行期间,可以监控负载状态和温度以及 IR 压降。可以根据负载状态调整电压电平。在高负载状态下,该电压电平可以在没有任何裕度下应用。由于在高负载状态下先前所确定的电压电平也考虑了坏的温度状态以及坏的 IR 压降,因此不需要安全裕度。该系统状态可以不再进一步降低。通过没有任何安全裕度下施加电压电平,可以减小在该 ASIC 中的电流,因而降低了功耗。在最大和最小负载状态下完成测量的情况下,值已经是固定的,并且也可以计算针对其他情况的值。

[0064] 对于低负载状态,随着操作状态迁移到更为有利的状态,可以逐渐地增加该电压裕度。这可能是需要的,因为从有利的操作状态到不太有利的操作状态的改变可能比对其的补偿要发生的更快。换言之,在低负载状态下,该系统负载可快速地增大。为了考虑在系统负载中的变化以及在工作状态中的变化,例如温度升高,需要应用电压裕度。该电压裕度允许对在负载状态中以及在工作状态中的变化进行补偿。该变化越快,则需要该裕度越大。

[0065] 校准循环可以在加电或复位之后经历几十毫秒。这可以增大引导时间,但这相比于装置的启动时间是微不足道的。

[0066] 在复位并非上电复位 (14) 的情况下,检查完成该最后一次校准的时间 (36)。在最后一次校准是在不久之前的情况下,开始正常执行 (34)。在该最后校准和复位之间的时间超过某个阈值的情况下,则可以测量该 ASIC 的温度 (38)。如果温度是低的,则可以执行校准并执行步骤 16 到 30。若温度是高的,则执行根据步骤 22 到 30 的最大负载校准 (40)。然而,温度中的变化也可以在无需重复该校准的情况下得以校正。另外,可以独立于校准循环来测量温度。在此之后,存储用于下一次加电的确定的电压 (42)。最后,开始正常执行 (34)。

[0067] 图 3 示例性地示出了系统 44,其包括 ASIC 46 以及电源电路 48。所有的元件可包括在一个单独的管芯、封装、模块或电路板中。ASIC 46 包括中央处理单元 46a、温度相关延迟监控器 46b 以及温度无关、电压及处理相关延迟监控器 46c。中央处理单元 46a,以及延迟监控器 46b、46c 通过内部总线 46d 相连接。该内部总线 46d 允许这些元件之间的通信。还包括将 ASIC 46 与电源电路 48 连接的数字控制接口。

[0068] 在电源电路 48 中,包括电压控制器 48a 和电压源 48b。通过数字控制接口 50,电压控制器 48a 运行如图 2 中所示的校准循环,其中相应的电压通过电压源 48b 施加到 ASIC 46。在正常操作期间,电压控制器 48a 根据测量的状态来控制电压源 48b 以便向 ASIC 46 施加电压。由延迟监控器 46c 测量该负载状态并且由延迟监控器 46b 测量温度状态。系统 44 可以由软件 (未示出) 运行。

[0069] 尽管这里已经表示、描述以及指出了如应用到本发明的优选实施方式的基本新颖性特征,但将理解本领域技术人员在不脱离本发明精神的情况下可以在所描述的装置和方法的形式以及细节中做出各种省略、替代以及变化。例如,所有以实质上相同方式执行实质上相同功能以达到相同结果的元件和 / 或方法的步骤的组合都特意旨在包括在本发明的范围之内。此外,应该认识到连同本发明的任何的公开形式或实施方式所示出和 / 或所描述的结构和 / 或元件和 / 或方法步骤可以并入到任何其它 所公开或描述或建议的形式或实施方式,作为设计选择的一般内容。因此,本发明仅由所附权利要求书所指示出的范围所限定。

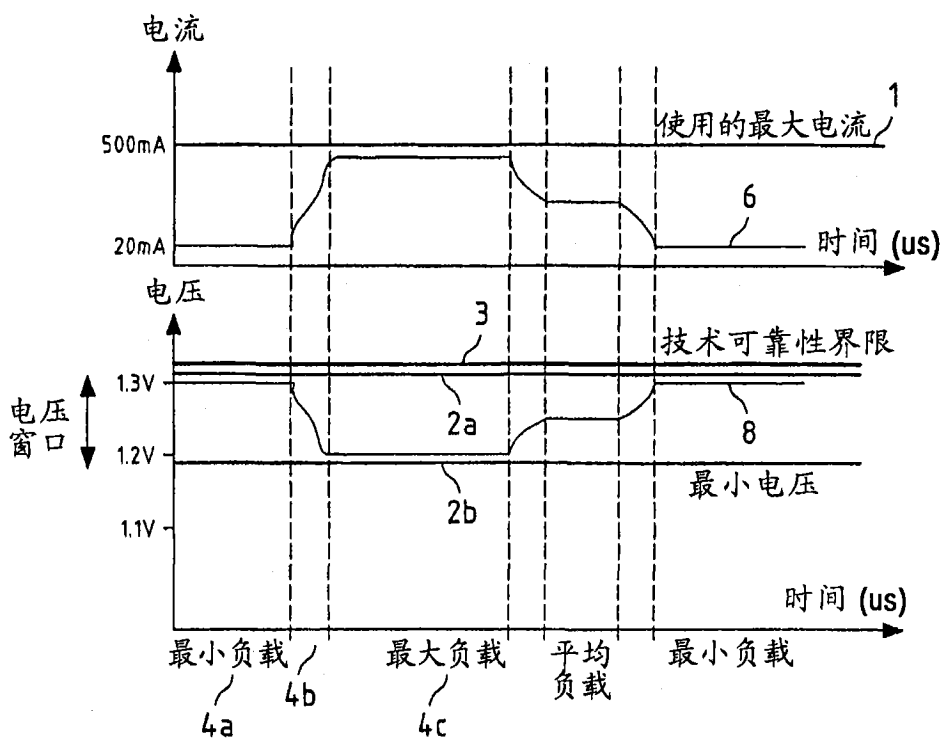


图 1a

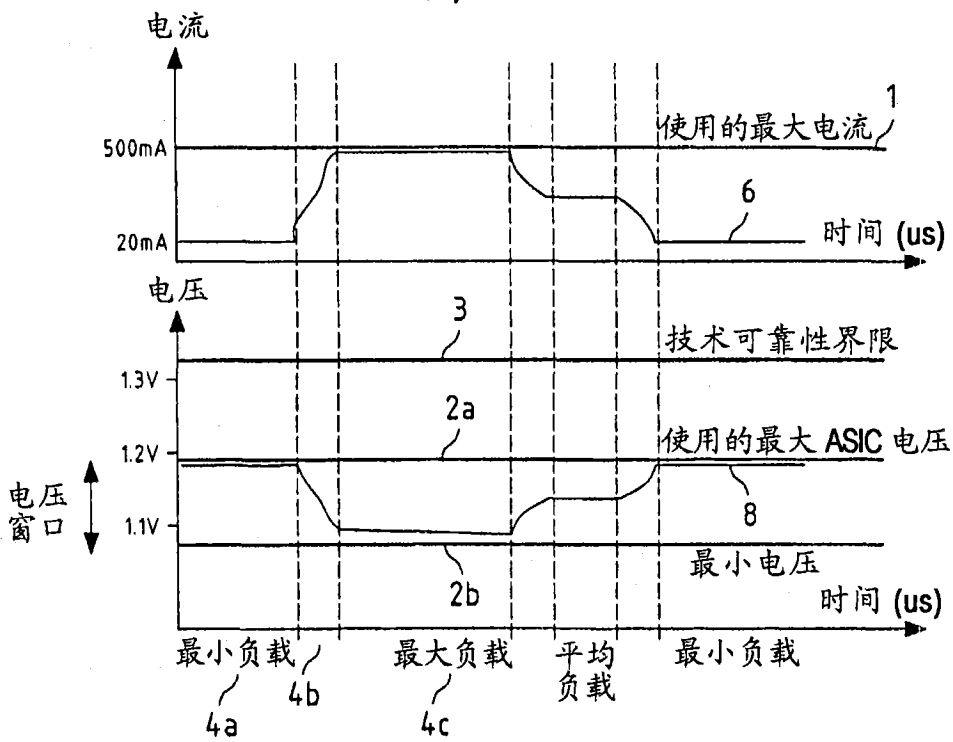


图 1b

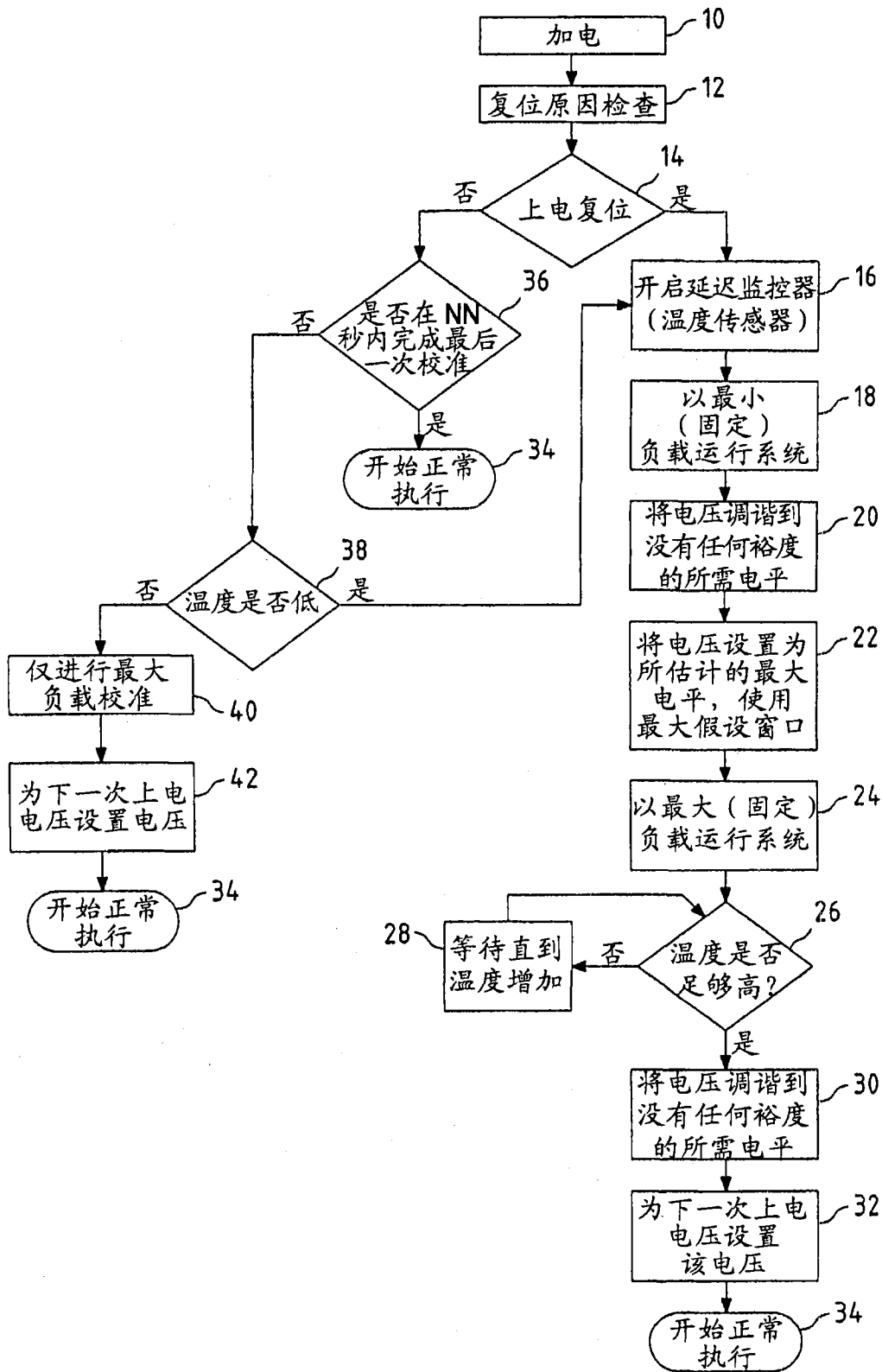


图 2

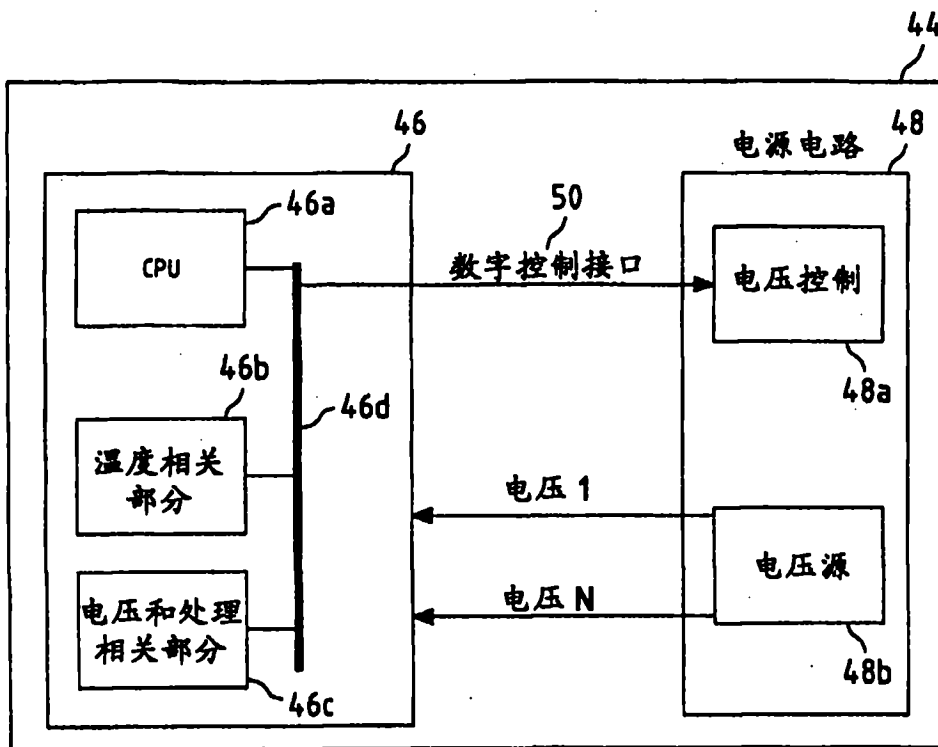


图 3