



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103049065 B

(45) 授权公告日 2015. 11. 11

(21) 申请号 201210478451. 7

US 2009/0039855 A1, 2009. 02. 12,

(22) 申请日 2012. 09. 28

审查员 张园

(30) 优先权数据

13/273, 898 2011. 10. 14 US

(73) 专利权人 苹果公司

地址 美国加利福尼亚

(72) 发明人 P·帕特尔

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 鲍进

(51) Int. Cl.

G06F 1/26(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1270338 A, 2000. 10. 18,

US 7187157 B1, 2007. 03. 06,

US 2007/0162770 A1, 2007. 07. 12,

US 2008/0238407 A1, 2008. 10. 02,

CN 101324802 A, 2008. 12. 17,

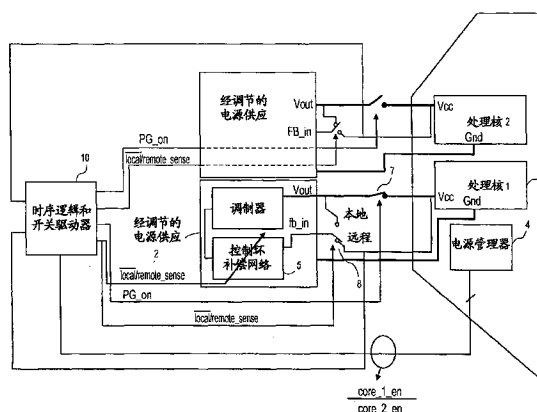
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

用于处理核的电源供应门控布置

(57) 摘要

本公开涉及用于处理核的电源供应门控布置。功率门耦合到电源供应电路，以选择性地向处理核提供功率。开关具有本地状态和远程状态，以将 (i) 功率门的供应侧上的本地感测点和 (ii) 功率门的负载侧上的远程感测点交替路由到电源供应电路的反馈输入。时序逻辑和驱动器电路响应于处理核使能信号而控制功率门和开关。还描述了其他实施例。



1. 一种电子系统,包括:  
处理核;  
电源供应电路,所述电源供应电路具有负载电压反馈输入;  
功率门,所述功率门耦合到所述电源供应电路,以选择性地向所述处理核提供功率;  
开关,所述开关具有本地状态和远程状态,以将 (i) 所述功率门的供应侧上的本地感测点和 (ii) 所述功率门的负载侧上的远程感测点交替路由到所述电源供应电路的所述反馈输入;以及

时序逻辑和驱动器电路,所述时序逻辑和驱动器电路被耦合以控制所述功率门和所述开关;

其中所述电源供应电路包括控制环,所述控制环被配置为响应于所述开关的本地状态而提供第一传输函数,并且响应于所述开关的远程状态而提供第二传输函数。

2. 如权利要求 1 所述的系统,其中所述时序逻辑和驱动器电路包括直接耦合到所述远程感测点的另外的输入,所述驱动器电路控制所述功率门,以基于在所述另外的输入处的信号来限制在所述功率门的负载侧上的转换速率。

3. 如权利要求 1 所述的系统,其中所述功率门直接连接在所述电源供应电路的功率输出和所述处理核的电源供应管脚之间。

4. 如权利要求 1 所述的系统,其中所述功率门直接连接在所述处理核的接地管脚和所述电源供应电路的接地管脚之间。

5. 如权利要求 1 所述的系统,其中所述时序逻辑和驱动器电路在控制所述功率门和所述开关时,维持所述功率门的打开和关闭与选择所述开关的所述本地状态和所述远程状态之间的预定时序。

6. 如权利要求 5 所述的系统,其中所述时序逻辑和驱动器电路响应于处理核使能信号被断言,而在选择所述开关的所述远程状态之前打开所述功率门。

7. 如权利要求 6 所述的系统,其中所述时序逻辑和驱动器电路响应于所述处理核使能信号被解除断言,而在选择所述开关的所述本地状态之后关闭所述功率门。

8. 如权利要求 5 所述的系统,其中所述时序逻辑和驱动器电路响应于处理核使能信号而控制所述功率门和所述开关。

9. 如权利要求 8 所述的系统,其中所述预定时序与处理核使能信号有关。

10. 如权利要求 1 所述的系统,其中所述时序逻辑和驱动器电路响应于处理核使能信号而控制所述功率门和所述开关。

11. 如权利要求 8 所述的系统,进一步包括:

电源管理器,所述电源管理器产生所述处理核使能信号,其中所述处理核和所述电源管理器在同一集成电路裸片上。

12. 一种电子电路,包括:

功率门,所述功率门耦合到电源供应电路以选择性地向处理核提供功率;  
开关,所述开关具有本地状态和远程状态,以将 (i) 所述功率门的供应侧上的本地感测点和 (ii) 所述功率门的负载侧上的远程感测点交替路由到所述电源供应电路的反馈输入;以及

时序逻辑和驱动器电路,所述时序逻辑和驱动器电路被耦合以控制所述功率门和所述

开关；

其中所述电源供应电路包括控制环，所述控制环被配置为响应于所述开关的本地状态而提供第一传输函数，并且响应于所述开关的远程状态而提供第二传输函数。

13. 如权利要求 12 所述的电路，其中所述时序逻辑和驱动器电路在控制所述功率门和所述开关时，维持所述功率门的打开和关闭与选择所述开关的所述本地状态和远程状态之间的预定时序。

14. 如权利要求 13 所述的电路，其中所述时序逻辑和驱动器电路响应于处理核使能信号被断言，而在选择所述开关的所述远程状态之前打开所述功率门。

15. 如权利要求 14 所述的电路，其中所述时序逻辑和驱动器电路响应于所述处理核使能信号被解除断言，而在选择所述开关的所述本地状态之后关闭所述功率门。

16. 如权利要求 13 所述的电路，其中所述时序逻辑和驱动器电路响应于所述处理核使能信号而控制所述功率门和所述开关。

17. 如权利要求 16 所述的电路，其中所述预定时序与所述处理核使能信号有关。

18. 如权利要求 12 所述的电路，其中所述时序逻辑和驱动器电路响应于处理核使能信号而控制所述功率门和所述开关。

19. 一种用于操作电子系统的方法，包括：

接收处理核使能信号；

响应于接收到的处理核使能信号被断言，而发信号以打开功率门，从而将来自电源供应电路的功率递送到处理核，并且然后将所述电源供应电路的反馈输入从本地感测点切换到远程感测点；以及

使用响应于开关的本地状态的第一传输函数以及响应于开关的远程状态的第二传输函数来修改所述电源供应电路的反馈输入。

## 用于处理核的电源供应门控布置

### 技术领域

[0001] 本发明的一个实施例涉及被功率门控的微处理核中的电压感测和电压调节。还描述了其他实施例。

### 背景技术

[0002] 多核微处理器是一种计算机部件,其具有两个或更多个通常独立的处理单元或处理器核,处理单元或处理器核读取并且执行程序指令。制造商通常将这些核集成到单个集成电路裸片上,或者,可选地,集成到单个集成电路封装体中的多个裸片中。例如,加利福尼亚库比蒂诺的苹果公司设计的苹果 A5 (AppleA5) 片上系统 (SoC) 包括双核中央处理单元和双核图形处理单元。

[0003] 为了减少不活动核上的功率泄露,多核系统使用功率门控的概念,其中到特定核的电源供应被功率门关断,使得该核的电源供应电压将衰减到基本为零伏。其余的活动核可以在其电源供应输入处继续被适当的电压电平供应。功率门耦合到电源供应和核心的电源供应管脚或接地管脚之间,并串联在其中,以提供电源到该处理核。每一个核的功率门通常由多个固态晶体管开关制成,这些开关并联连接并且通过某种类型的电源管理模块或程序例程而共同控制。

[0004] 通常用于给多核微处理器供电的电源供应电路是经调节的、开关模式的 DC 电源供应,其被设计为递送所需的电流以给活动的特定核供电,同时维持该核的供应电压在经调节的 DC 电平。电源供应电路中的调节器执行控制算法,该算法基于获得来自其驱动的负载的反馈电压以无论变化的负载电流如何均维持正确的调节电压。来自处理核的供应管脚的电压感测线可以被路由到调节器的反馈输入,以监测负载电压并用其来维持调节。这种所谓的负载电压的远程或下游感测是期望的,因为否则功率门和位于调节器管脚和核的电源供应或接地管脚之间的其他任何的寄生阻抗将会导致较大的电压降,在大电流情况下尤其如此,从而减少提供到处理器核的电源供应电压(如果本地感测点被用于反馈输入)。

### 发明内容

[0005] 本发明的一个实施例是一个具有处理核和电源功率电路的电子系统,所述电源供应电路具有负载电压反馈输入。功率门耦合到电源供应电路,以选择性地向处理核提供功率。开关具有本地状态和远程状态,以将功率门的供应侧上的本地感测点或者在该功率门的负载侧上的远程感测点路由到该电源供应电路的反馈输入。时序逻辑和驱动器电路控制功率门和开关。该时序逻辑和驱动器电路响应于处理核使能信号而控制该功率门和该开关,该信号可能由电源管理器产生,该电源管理器负责做出处理核是否应当活动的决定。可以对多个处理核重复上述布置。

[0006] 时序逻辑和驱动器电路当控制该功率门和该开关时,维持一方面为功率门的打开和关态另一方面为选择开关的本地状态和远程状态之间的预定时序。例如,响应于处理核使能信号被断言(assert),在选择开关的远程状态之前,功率门被打开。与之相对,当处理

核使能信号被解除断言 (deassert), 表明处理核将不活动时, 在已选择了开关的本地状态后, 关闭功率门。这样的时序避免了由于在处理核的活动和不活动状态之间反馈电压中的突然变化而导致的通过功率源电路的剧烈转换。

[0007] 在一个实施例中, 电源供应电路包括开关模式电压调节器控制环, 负载电压反馈输入耦合到该控制环。该控制环具有可调谐的补偿网络, 其在现场 (即, 当由终端用户操作时) 可根据开关的状态调整。换言之, 在补偿网络中, 至少有两种不同的传输函数可用, 一种在远程感测期间使用, 而另一种在本地感测期间使用。这可以使得电压调节器能够更稳定或者对振荡不那么灵敏。

[0008] 在另一个实施例中, 时序逻辑和开关驱动器电路具有另外的输入, 其直接耦合到远程感测点。该开关驱动器电路包括控制功率门的额外的电路, 以便基于在另外的输入处的信号 (其代表了负载侧的电压) 限制在功率门的负载侧的电压的转换速率。这允许功率门的开启更柔和, 从而降低瞬时电流。

[0009] 上面的简要说明并不包括本发明所有方面的全部罗列。可以预期, 本发明包括能够从上面的简更说明中的各个方面的适当组合实践的所有系统和方法, 还包括下面的具体实施方式所公开的以及根据本申请权利要求书中特别指出的。这些组合具有特定的优点, 而不同于上述简要说明中的具体说明。

## 附图说明

[0010] 本发明的实施例通过举例并不以任何方式限制而图示在其中类似的附图标记指示类似元件的所附附图的图中。应当注意到, 本公开中对本发明的为“一个”或“一”实施例的参考并不必指相同的实施例, 其意味着至少一个。

[0011] 图 1 是根据本发明的一个实施例的电源供应和功率门电路的电路示意图。

[0012] 图 2 示出了用于图 1 中的电源供应和功率门布置的有关控制信号的示例波形图。

[0013] 图 3 是另一个实施例的电路示意图。

## 具体实施方式

[0014] 现在参考所附附图来说明本发明的几个实施例。尽管阐述了多个细节, 但应当理解到, 本发明的一些实施例可在没有这些细节的情况下实践。在其他实例中, 公知的电路、结构和技术并没有被详细示出, 以免使本说明书的理解晦涩。

[0015] 图 1 是根据本发明的一个实施例的电源供应和功率门布置的电路示意图。其示出的是具有处理核 3 的电子系统的一部分, 处理核 3 具有耦合到经调节的电源供应 2 的功率输出  $V_{out}$  的电源供应输入  $V_{cc}$ 。还示出了第二处理核及其关联的电源供应和门控电路, 其可以基本类似于这里描述的核。处理核 3 还具有功率返回 (return) 或接地管脚, 其也耦合到经调节的电源供应 2 的功率返回或接地管脚。功率门 7 耦合在  $V_{out}$  和  $V_{cc}$  之间, 以递送功率到处理核 3。作为一种备选, 功率门 7 可以耦合在处理核 3 的接地管脚和电源供应 2 的接地管脚之间, 如下面图 3 所描述的。该系统还具有开关 8, 该开关至少具有两个状态, 即本地状态和远程状态。正如看到的那样, 开关将在功率门 7 的供应侧上的本地感测点, 或者在功率门 7 的负载侧上的远程感测点的任一者路由到经调节的电源供应 2 的负载电压反馈输入  $FB_{in}$ 。

[0016] 通过时序逻辑和开关驱动器电路 10,来进行功率门 7 和开关 8 的控制。电路 10 包括时序逻辑,其帮助维持在一方面为功率门 7 的打开和关闭,另一方面为选择或者是本地感测或者是远程感测的任一者之间维持预定的时序。电路 10 还包括控制开关 8 和功率门 7 所需的驱动器。例如,功率门 7 可以被实现为一组直接并联连接的多个场效应晶体管 (FET) 开关,而电路 10 将包括用于使 FET 开关的栅电极电压摆动 (swing) 所需的模拟驱动器。当然,其他固态开关技术也可以使用。对于开关 8 来说,相比较于功率门 7 来说,因为其仅传递非常小的电流,开关 8 可以通过,例如,在每一个感测点使用单个 FET 开关来实现。用于开关 8 和功率门 7 的其他更复杂的固态电路设计也可以使用。

[0017] 时序电路和驱动器电路 10 响应于接收到的处理核使能信号来控制功率门 7 和开关 8。处理核使能信号可以为在图 1 中描绘为 core\_1\_en 的数字控制信号,其由电源管理器 4 生成。电源管理器 4 可以是常规的数据处理模块,其经常出现在多核微处理器或片上系统中,该数据处理模块例如依赖于当前正在运行的程序是否可由单个核适当地执行,而决定任意特定的处理核是否应当不活动,以节约功率。电源管理器 4 还可以做出其他决定,包括处理核的动态电压缩放和动态频率缩放,这也是为了节约功率。电源管理器可以和处理核 3 在同一集成电路裸片上。

[0018] 在图 2 中给出了一方面为功率门 7 的打开和关闭,另一方面为选择开关的本地状态或远程状态之间的预定时序的例子。该图示出了图 1 中示出的三个数字控制信号的时序图,也就是,处理核使能信号 core\_en、功率门控制信号 PG\_on 和开关 8 的控制信号,即, **local/remote\_sense**。后两个控制信号可以与处理核使能信号有关地定义,使得,例如, core\_en 的上升边沿 (表明核是活动或者使能的) 引起功率门 7 打开,并且远程感测点被选择。不管怎样,注意,在功率门被打开 (或开启) 和远程感测被选择之间的有关时序,换句话说,当经调节的电源供应 2 的反馈输入还在本地状态时,功率门被开启。在 PG\_on 被断言和 remote\_sense 被断言之间的相对延迟可以比较短,以确保在核活动性增加 (因此增加了电源供应 2 上的负载) 时,负载电压反馈可以切换到 remote\_sense,使得在核 3 的功率输入处的电压迅速稳定到其指定的或需求的最小值 (而不会呈现由功率门 7 中的寄生效应引起的通常的电压降)。

[0019] 图 2 还示出了当 core\_en 信号被解除断言,指示核 3 将不活动时的时序的例子。这里,响应于 core\_en 的下降边沿,在功率门被关闭或者关断之前,电源供应 2 的反馈输入被切换到本地感测。注意,这里当功率门被关闭 (或者关断) 时,核 3 的电源供应管脚处的电压将会衰减。然而,由于正在衰减开始或者在衰减开始之前,反馈输入已被切换到本地感测,所以这对电源供应 2 是没有后果的,从而维持电源供应 2 的稳定行为。在 **local/remote\_sense** 被断言和 PG\_on 被解除断言之间的相对延迟可以适当短,只要电源供应 2 在切换到本地感测点之时稳定即可。

[0020] 图 3 是本发明另一个实施例的电路示意图,其中在该情况中,功率门 7 直接连接在处理核 3 的接地管脚和电源供应电路的接地管脚之间。这与图 1 形成对照,在图 1 中,功率门 7 直接连接在电源供应 2 的 Vout 管脚和核 3 的电源供应管脚 Vcc 之间。在图 3 的“低侧”实施例中,开关 8 依然在远程感测点和本地感测点之间选择,然而,在该情况中,远程感测点或本地感测点处于接地点或参考点,而不是在 Vcc 点或 Vout 点。同样,虽然没有示出,

但是在图 3 的低侧实施例中的通常使用在经调节的电源供应中的误差放大器电路（用于将通过 FB\_in 接收到的负载电压和参考进行比较）可能会与图 1 的高侧实施例中的不同。

[0021] 上面描述的电源供应和功率门布置可以支持用于操作电子系统的以下方法。当接收到处理核使能信号时，并且响应于该信号被断言，功率门接收信号以打开，以从而将功率从电源供应电路递送到处理核。只有在功率门已被打开之后，然后电源供应电路的反馈输入从本地感测点切换到远程感测点。现在，当做出使得核不活动的决定，使得处理核使能信号被解除断言时，电源供应电路的反馈输入先于发送信号以关闭功率门（并且由此停止递送功率到处理核）而从远程感测点切换回到本地感测点。当电源供应被重复赋予通过在多核微处理器的操作期间可能需要多次打开和关闭的功率门（以节约功率）来提供功率的任务时，这样的时序可以帮助维持电源供应稳定。

[0022] 在一个实施例中，经调节的电源供应是具有控制环的开关模式直流电压调节器，其中将负载电压反馈输入 fb\_in 耦合到该控制环。如图 1 所示，控制环包括调制器和补偿网络 5。补偿网络 5 是可调谐的，这在于其在现场（即，当由终端用户操作时）可根据本地/远程开关的状态调整。换言之，在补偿网络 5 中，至少有两种不同的传输函数可用，即一种在远程感测期间使用，而另一种在本地感测期间使用。这可使得电压调节器在其驱动明显不同的负载时，即，当处理核 3 是不活动的时和当处理核是活动的并且执行繁重的计算任务时，能够更稳定（或者对振荡不那么灵敏）。

[0023] 在另一个实施例中，还是如图 1 所示，时序逻辑和开关驱动器电路 10 具有直接耦合到远程感测点的另外的输入。电路 10 的开关驱动器部分，在这种情况下，包括控制功率门 7 的额外的电路，以便基于在另外的输入处的信号（其代表了负载侧的电压）而限制在功率门 7 的负载侧的电压的转换速率。这允许功率门 7 的开启更柔和，从而降低了瞬时电流。

[0024] 尽管在所附附图中已描述和示出了某些实施例，应当理解这样的实施例仅仅是示意性的，而不是用于限制该宽广的发明，并且本发明不限于所示出和描述的具体结构和布置，因为本领域技术人员可以进行各种其他修改。

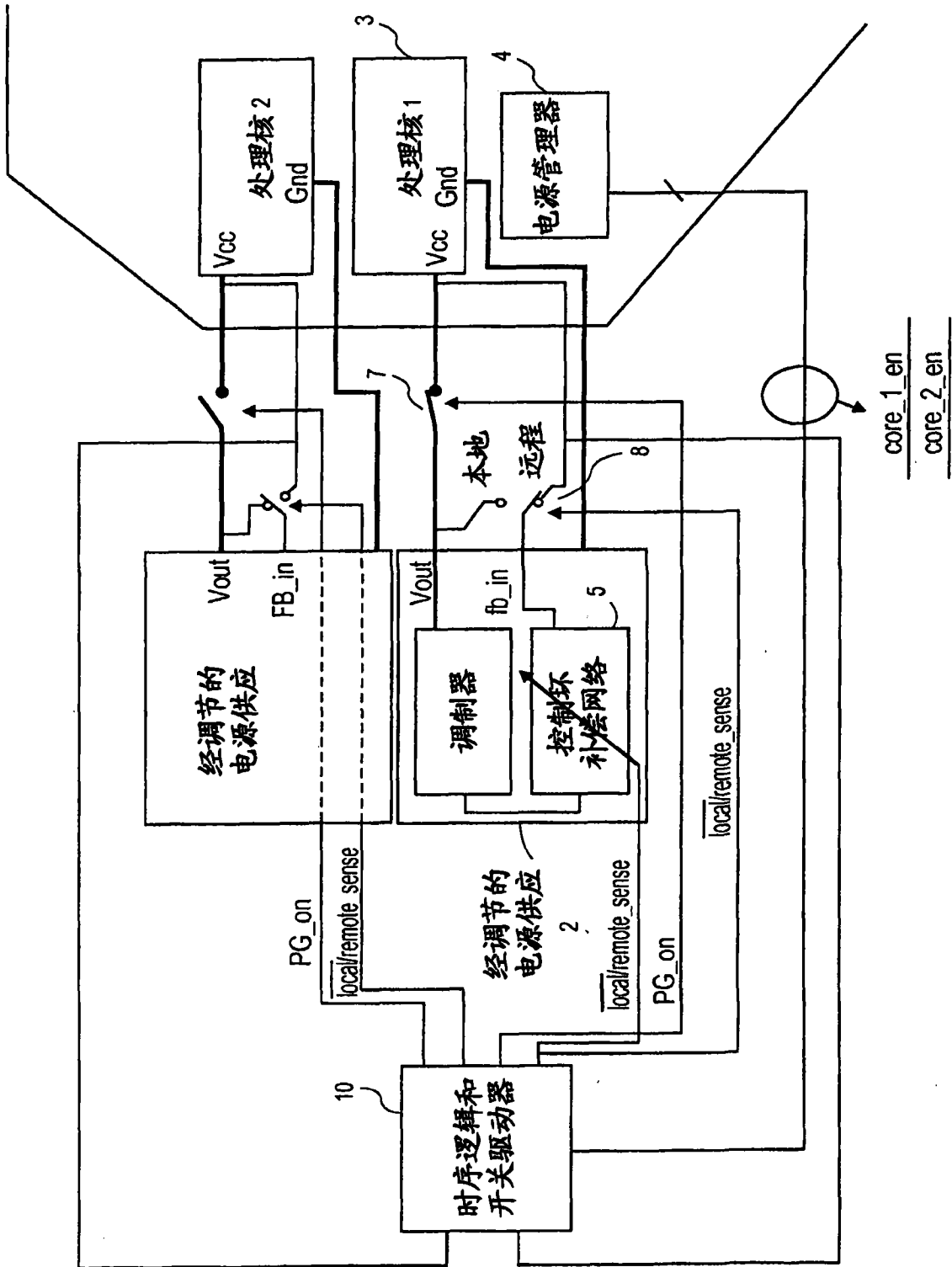


图 1



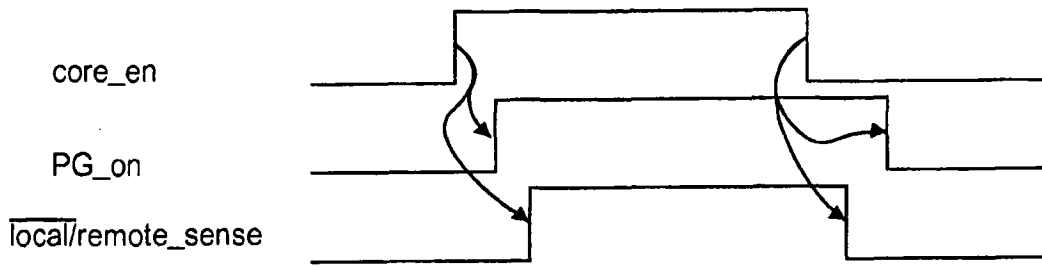


图 2

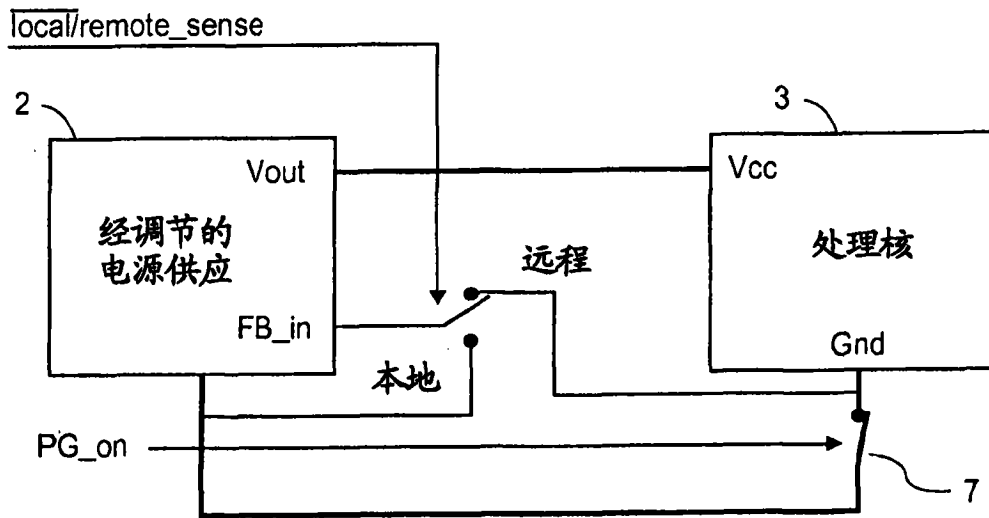


图 3