

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G06F 1/28 (2006.01)

G06F 1/30 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03825020.9

[45] 授权公告日 2009 年 11 月 11 日

[11] 授权公告号 CN 100559326C

[22] 申请日 2003.9.30 [21] 申请号 03825020.9

[30] 优先权

[32] 2002.11.12 [33] US [31] 10/292,323

[86] 国际申请 PCT/US2003/030864 2003.9.30

[87] 国际公布 WO2004/044719 英 2004.5.27

[85] 进入国家阶段日期 2005.5.9

[73] 专利权人 飞思卡尔半导体公司

地址 美国得克萨斯

[72] 发明人 乔治·L·埃斯皮纳

威廉·L·卢卡斯

迈克尔·G·沃德

[56] 参考文献

US - 5539910A 1996.7.23

EP1102158A1 2001.5.23

US - 5241680A 1993.8.31

JP - 2001188689A 2001.7.10

EP - 1102158A1 2001.5.23

US5241680A 1993.8.31

US - 5203000A 1993.4.13

JP2001188689A 2001.7.10

US5203000A 1993.4.13

US5539910A 1996.7.23

审查员 贾勇

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限  
责任公司

代理人 樊卫民 钟强

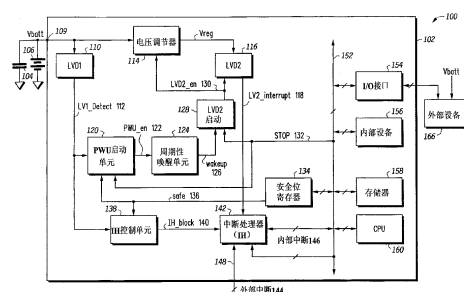
权利要求书 4 页 说明书 13 页 附图 3 页

[54] 发明名称

低电压检测系统

[57] 摘要

用于逻辑装置的低电压检测(LVD)系统包括在电源引线电压(109)下降到第一电压电平之下时提供指示的第一LVD电路(110)和在电源引线电压下降到第二电压电平之下时提供中断(118)的第二LVD电路(116)。在一种实施例中,第二LVD电路比第一LVD电路消耗更多的功率,因此有选择性地启动。在一种实施例中,在电源引线电压在第一和第二电压电平之间并且逻辑装置处于停止或低功率模式时,第二LVD电路周期性地启动以检测电源引线电压。在电源引线电压降低到第二电压电平之下时,逻辑装置被置于安全状态,在这种安全状态中逻辑装置被禁止承认中断,直到电源引线电压上升到第一电压电平之上。



1. 一种集成电路（100），包括：

从电源接收功率的电源引线（109）；

第一电压检测电路（110），具有输出，提供第一电压检测信号，用来指示电源引线的电压电平何时低于第一电压电平；

第二电压检测电路（116），具有输出，提供第二电压检测信号，用来指示电源引线的电压电平何时低于第二电压电平，该第二电压电平低于第一电压电平；

中央处理单元（160），该中央处理单元被构造成从通过电源引线接收的功率供电；

操作地耦合到中央处理单元的中断处理器（142），该中断处理器响应包括至少一个中断的一组中断；

中断处理器控制电路（138），用于控制中断处理器对包括至少一个中断的一组中断的响应，该中断处理器控制电路响应第一电压检测信号和响应具有第一信号状态的第一信号，该第一信号状态至少指示电源引线的电压电平已经如第二电压检测信号所指示的，降低到第二电压电平之下，其中在第一信号处于第一信号状态时，中断处理器控制电路启动中断处理器以在第一电压检测信号指示电源引线的电压电平高于第一电压电平时响应包括至少一个中断的所述一组中断。

2. 权利要求 1 所述的集成电路，其中第一信号通过中央处理单元的处理操作被设定到第一信号状态。

3. 权利要求 2 所述的集成电路，其中：

第二电压检测电路的输出耦合到中断处理器，

其中指示电源引线的电压电平在第二电压电平之下的第二电压检测信号产生中断；

中央处理单元执行处理操作以至少响应在第二电压检测信号指示电源引线的电压电平在第二电压电平之下时产生的中断将第一信号设

定到第一信号状态。

4. 权利要求 1 所述的集成电路，其中集成电路具有低功率停止模式，其中在集成电路处于低功率停止模式时第二电压检测电路停止提供第二电压检测信号。

5. 权利要求 4 所述的集成电路，进一步包括：

唤醒电路，该唤醒电路的输出至少在集成电路处于低功率停止模式并且第一电压检测信号指示电源引线的电压电平低于第一电压电平时使第二电压检测电路提供第二电压检测信号。

6. 权利要求 1 所述的集成电路，其中中断处理器控制电路通过选通至少一个中断信号（148）进入中断处理器来控制中断处理器对包括至少一个中断的所述一组中断的响应。

7. 一种能够执行电池通电操作的系统，包括权利要求 1 所述的集成电路，并且进一步包括：

耦合到电源引线以给电源引线输送功率的电池；和

通过集成电路的至少一个信号线引脚操作地耦合到集成电路的外部设备。

8. 一种集成电路，包括：

从电源接收功率的电源引线（109）；

第一电压检测电路（110），具有输出，提供第一电压检测信号，用来指示电源引线的电压电平何时低于第一电压电平；

第二电压检测电路（116），具有输出，提供第二电压检测信号，用来指示电源引线的电压电平何时低于第二电压电平，该第二电压电平低于第一电压电平；

唤醒电路（124），该唤醒电路的输出（126）在第一电压检测信号指示电源引线的电压电平低于第一电压电平时启动第二电压检测电

路以提供第二电压检测信号。

9. 权利要求 8 所述的集成电路，进一步包括：

中断处理器（142），该中断处理器响应包括至少一个中断的一组中断；

中断处理器控制电路（138），用于控制中断处理器对包括至少一个中断的一组中断的响应，该中断处理器控制电路响应第一电压检测信号和响应具有第一信号状态的第一信号，第一信号状态至少指示电源引线的电压电平已经如第二电压检测信号所指示的，降低到第二电压电平之下，其中在第一信号处于第一信号状态时，中断处理器控制电路启动中断处理器以在第一电压检测信号指示电源引线的电压电平高于第一电压电平时响应包括至少一个中断的所述一组中断。

10. 权利要求 8 所述的集成电路，其中在至少第一电压检测信号指示电源引线的电压电平低于第一电压电平并且集成电路处于低功率停止模式时，唤醒电路启动第二电压检测电路以提供第二电压检测信号。

11. 权利要求 8 所述的集成电路，其中唤醒电路是周期性唤醒电路，其中在至少第一电压检测信号指示电源引线的电压电平低于第一电压电平时，该输出提供周期性信号以启动第二电压检测电路以提供第二电压检测信号。

12. 权利要求 8 所述的集成电路，进一步包括：

第一信号，该第一信号具有第一信号状态，该第一信号状态至少指示电源引线的电压电平已经降低到如通过第二电压检测信号所指示的第二电压电平之下；

其中在至少第一电压检测信号指示电源引线的电压电平低于第一电压电平以及第一信号处于不同于第一信号状态的第二信号状态时，唤醒电路的输出启动第二电压检测电路以提供第二电压检测信号。

13. 一种集成电路，包括：

从电源接收功率的电源引线（109）；

中央处理单元（160），该中央处理单元被构造成从通过电源引线接收的功率供电；

电压检测系统，该电压检测系统被构造成提供电源引线的电压电平已经降低到第一电压电平之下的第一指示（118），并且被构造成提供电源引线的电压电平已经上升到第二电压电平之上的第二指示（112），其中第一电压电平低于第二电压电平；

操作地耦合到中央处理单元的中断处理器（142），该中断处理器响应包括至少一个中断的一组中断；

中断处理器控制电路，用于控制中断处理器对包括至少一个中断的一组中断的响应，其中在第一信号（136）处于第一信号状态时，该第一信号状态指示电源引线的电压电平已经如第一指示所指示的，降低到第一电压电平之下，该中断处理器控制电路响应第二指示启动中断处理器以响应包括至少一个中断的所述一组中断。

## 低电压检测系统

### 技术领域

一般地说本发明涉及低电压检测系统，更具体地说涉及具有多个电压检测电平的低电压检测系统。

### 背景技术

在许多电池供电的系统中，比如便携式电子行业的系统，逻辑装置比如微处理器和微控制器在主控制器和/或功率管理单元中起着一定作用。在这种作用中，重要的是，在电池电力变得微弱或者被取下时保护逻辑装置的内部逻辑状态和易失性存储器（RAM、控制寄存器、逻辑状态等）。例如，在如今可用的微控制器中，低电压检测（LVD）电路检测何时产生低电压和使微控制器复位。可替换地，某些 LVD 系统允许微控制器接收除了复位之外的中断，以使软件将微控制器置于停止模式以使电流消耗最小，直到电池电压恢复。然而，在这些系统中，虽然处于停止模式中，仍然可能接收中断（比如来自键盘输入），造成微控制器在电池恢复之前被再次启动并使电池消耗，由此造成数据丢失。

### 发明内容

因此，需要提供一种 LVD 系统，这种系统保护逻辑装置的内部逻辑状态和易失性存储器，同时允许从电力微弱的或被取下的电池状态中安全恢复。此外，为了降低成本，需要提供一种使用具有最少数量的引线的逻辑装置的系统。

根据本发明第一方面，提供一种集成电路（100），包括：从电源接收功率的电源引线（109）；第一电压检测电路（110），具有输出，提供第一电压检测信号，用来指示电源引线的电压电平何时低于第一

电压电平；第二电压检测电路（116），具有输出，提供第二电压检测信号，用来指示电源引线的电压电平何时低于第二电压电平，该第二电压电平低于第一电压电平；中央处理单元（160），该中央处理单元被构造成从通过电源引线接收的功率供电；操作地耦合到中央处理单元的中断处理器（142），该中断处理器响应包括至少一个中断的一组中断；中断处理器控制电路（138），用于控制中断处理器对包括至少一个中断的一组中断的响应，该中断处理器控制电路响应第一电压检测信号和响应具有第一信号状态的第一信号，该第一信号状态至少指示电源引线的电压电平已经如第二电压检测信号所指示的，降低到第二电压电平之下，其中在第一信号处于第一信号状态时，中断处理器控制电路启动中断处理器以在第一电压检测信号指示电源引线的电压电平高于第一电压电平时响应包括至少一个中断的所述一组中断。

根据本发明第二方面，提供一种能够执行电池通电操作的系统，包括根据本发明第一方面所述的集成电路，并且进一步包括：耦合到电源引线以给电源引线输送功率的电池；和通过集成电路的至少一个信号线引脚操作地耦合到集成电路的外部设备。

根据本发明第三方面，提供一种集成电路，包括：从电源接收功率的电源引线（109）；第一电压检测电路（110），具有输出，提供第一电压检测信号，用来指示电源引线的电压电平何时低于第一电压电平；第二电压检测电路（116），具有输出，提供第二电压检测信号，用来指示电源引线的电压电平何时低于第二电压电平，该第二电压电平低于第一电压电平；唤醒电路（124），该唤醒电路的输出（126）在第一电压检测信号指示电源引线的电压电平低于第一电压电平时启动第二电压检测电路以提供第二电压检测信号。

根据本发明第四方面，提供一种集成电路，包括：从电源接收功率的电源引线（109）；中央处理单元（160），该中央处理单元被构造成从通过电源引线接收的功率供电；电压检测系统，该电压检测系统

被构造成提供电源引线的电压电平已经降低到第一电压电平之下的第一指示（118），并且被构造成提供电源引线的电压电平已经上升到第二电压电平之上的第二指示（112），其中第一电压电平低于第二电压电平；操作地耦合到中央处理单元的中断处理器（142），该中断处理器响应包括至少一个中断的一组中断；中断处理器控制电路，用于控制中断处理器对包括至少一个中断的一组中断的响应，其中在第一信号（136）处于第一信号状态时，该第一信号状态指示电源引线的电压电平已经如第一指示所指示的，降低到第一电压电平之下，该中断处理器控制电路响应第二指示启动中断处理器以响应包括至少一个中断的所述一组中断。

通过本发明的上述技术方案，可以克服现有技术的缺陷。通过参考下面的附图和具体实施方式，将会使本领域技术人员进一步理解本发明的特征和优点。

#### 附图说明

通过举例和非限制性附图说明本发明，在附图中相同的参考标号表示类似的元件，其中；

附图 1 所示为根据本发明的一种实施例的数据处理系统的方块图；

附图 2 所示为根据本发明的一种实施例的进入和退出安全状态的方法的附图；

附图 3-5 所示为对应于在附图 1 内的数据处理系统内的各种单元的真值表；

附图 6 所示为在附图 1 的数据处理系统内的低电压检测单元的一种实施例的示意图；

附图 7 所示为在附图 1 的数据处理系统内的另一低电压检测单元的一种实施例的示意图；

本领域普通技术人员会理解的是，为了清楚简明地说明本发明在附图中的元件没有按比例绘制。例如，在附图中的某些元件的尺寸可



以相对于其它的元件放大以有助于理解本发明的实施例。

### 具体实施方式

正如在此所使用，术语“总线”被用于指可用于传递一种或多种类型的信息比如数据、地址、控制或状态的多个信号或导体。在此所讨论的导体参考单个导体、多个导体、单向导体或双向导体说明或描述。然而，不同的实施例可以改变导体的实施。例如，可以使用分离的单向导体而不使用双向导体，反之亦然。此外，多个导体可以以串行或时分的方式传递多个信号的单个导体替代。同样地，传递多个信号的单个导体可以被分解为传递这些信号子组的各种不同的导体。因此，对于信号的传递，存在许多选择。

在提到使信号、状态位或类似设备译为逻辑真或逻辑假时分别使用术语“声称”和“否定”（或去声称）。如果逻辑真状态是逻辑电平 1，则逻辑假状态是逻辑电平 0。如果逻辑真状态是逻辑电平零，则逻辑假状态是逻辑电平 1。

附图 1 所示为数据处理系统 100 的一种实施例的方块图。数据处理系统 100 包括逻辑装置比如带有外部电路的微处理器（MCU）102，如附图 1 所示。在变型的实施例中，MCU 102 可以以各种微处理器、微控制器或其它类型的逻辑装置替换，其中在一种实施例中，MCU 102（或任何其它类型的逻辑装置）位于单个集成电路上。MCU 102 包括中央处理单元（CPU）160、存储器 158、内部设备 156、输入输出（I/O）接口 154、安全位寄存器 134 和中断处理器（IH）142，这些都与总线 152 双向耦合。（注意，如在此所使用，总线 152 包括地址、数据和控制信号。）

MCU 102 也包括耦合到提供电压  $V_{batt}$  的电池节点 109（即电源引线）的 LVD1 单元 110。LVD1 110 检测在  $V_{batt}$  何时下降到第一电压电平 LV1 之下时，MCU 102 也包括检测  $V_{batt}$  何时下降到第二电压

LV2 之下的 LVD2 单元 116，这里，一般地 LV1 大于 LV2。MCU 102 也可以包括耦合到电池节点 109 和 LVD2 116 以将 Vreg 提供给 LVD2 116 的电压调节器 114。然而，在变型实施例中，电压调节器 114 可以不存在，在这种情况下 LVD2 116 耦合到电池节点 109。MCU 102 也包括周期性唤醒单元 (PWU) 124、PWU 启动单元 120、LVD2 启动单元 128 和中断处理器 (IH) 控制单元 138。总线 152 将 STOP 模式指示 STOP 132 提供给 LVD2 启动单元 128 和 PWU 启动单元 120。LVD1 110 将信号 LV1\_Detect 112 提供给 PWU 启动单元 120 和 IH 控制单元 138。PWU 启动单元 120 将信号 PWU\_en 122 提供给 PWU 124，以及 PWU 124 将信号 Wakeup 126 提供给 LVD2 启动单元 128。LVD2 启动单元 128 将信号 LVD2\_en 130 提供给 LVD2 116 和电压调节器 114 (如果存在的话)。安全位寄存器 134 将信号 safe 136 提供给 PWU 启动单元 120 和 IH 控制单元 138。中断处理器 142 从 LVD2 116 接收信号 safe 136、从 IH 控制单元 138 接收信号 IH\_block 140、通过总线 152 接收内部中断以及通过双向导体 148 接收外部中断 144。

数据处理系统 100 的外部电路包括可连接到电池节点 109、电荷元件 104 和外部设备 166 的电池 106。注意，所示的电荷元件 104 在附图 1 中所示电容器 (因此，被称为电容器 104 或者功率存储电容器 104)。然而，注意，电池 106 可以以通过充电电路可充电的可充电电池替换 (因此它替换电容器 104)。此外，电池 106 可以以任何适当的电源替换。如附图 1 所述，电池 106 的第一端子和电容器 104 的第一端子耦合到电池节点 109。电池 106 的第二端子和电容器 104 的第二端子耦合到地端。还应该注意，虽然在附图 1 中没有示出，在 MCU 102 内所示的每个单元耦合到电池节点 109 或者电压调节器 114 的输出 (如果存在的话)。I/O 接口 154 双向地耦合到外部设备 166。注意，外部设备 166 可以包括各种各样的外设，比如键盘、显示器和其它的处理器等。

在操作中，电容器 104 从电池节点 109 中滤去噪声并在电池 106

连接到节点 109 时提高对高频散射的散射保护。在电池 106 被取下时，电容器 30 给电池节点 109 提供足够的电压以维持在 MCU 102 内的 RAM 存储器、控制寄存器、逻辑状态等在低功率状态下延长的时间周期。此外，注意，在所示的实施例中，单个电压电源引线（电池节点 109）用于给 MCU 102 输送功率并用于检测由电力微弱的或被取下的电池引起的低电压状态，如下文更详细地描述。

I/O 接口 154、内部设备 156、存储器 158 和 CPU 160 如本领域公知地操作并在下文更详细地讨论。即，仅讨论与在此所描述的低电压检测系统相关的这些单元中的每个单元的一些方面。下文参考附图 2-7 更详细地讨论 MCU 102（包括 LVD1 110、LVD2 116、电压调节器 114、PWU 启动单元 120、PWU 124、LVD2 启动单元 128、安全位寄存器 134、IH 控制单元 138、中断处理器 142 和 CPU 160）的低电压检测系统的操作。

在一种实施例中，MCU 102 通常能够在运行或停止模式下操作，只要  $V_{batt}$  保持在 MCU 102 的最小操作电压  $V_{min}$  之上。在运行模式下，MCU 102 能够执行指令，而停止模式是 MCU 102 不能够执行指令的低功率模式。MCU 102 能够从运行模式通过执行停止指令进入停止模式。MCU 102 能够响应外部中断 144 或者内部中断 146 退出停止模式并进入运行模式。然而，外部中断可以包括键盘中断，以使用户可以通过按压按键唤醒 MCU 102。然而，如果 MCU 102 从停止模式过渡到运行模式同时  $V_{batt}$  低于  $V_{min}$ ，则 MCU 102 的操作可能有问题，因为它将运行在它的最小操作电压之下，即操作在它的指定操作范围之外。因此，在一种实施例中，在  $V_{batt}$  下降到  $V_{min}$  之下（由于电力微弱的或被取下的电池引起）时，MCU 102 进入安全状态，在这种状态下 MCU 102 禁止承认外部或内部中断。只有在  $V_{batt}$  上升到安全操作电压之上（由于电力微弱的或被取下的电池的更换引起或者由于电池的再充电引起），才退出安全状态，以使 MCU 102 可以恢复正常操作，其中 MCU 102 不再被禁止承认中断。在这一点上，MCU 102

可以安全地返回到运行模式。

在一种实施例中，MCU 102 的低电压检测系统使用第一低电压检测单元 (LVD1 110) 检测  $V_{batt}$  何时降低到 LV1 之下 (这里 LV1 对应于 MCU 102 的安全操作电压)。在这个实施例中，MCU 102 使用第二电压检测单元 (LVD2 116) 检测  $V_{batt}$  何时降低到 LV2 之下，这个 LV2 一般在 LV1 之下但高于  $V_{min}$ 。如上文所描述，一旦  $V_{batt}$  降低到 LV2 之下，MCU 102 被置于安全状态，在这种状态下 MCU 102 不再能够再进入运行模式，并且被禁止承认任何外部或内部中断，直到  $V_{batt}$  上升到 LV1 之上。在所示的实施例中，LVD1 110 是低功耗电压、检测电路，它在 MCU 102 的所有的正常模式下操作，包括运行和停止模式两者。然而，由于 LVD1 110 被设计成消耗最小的功率 (它的实例将在下文参考附图 6 讨论)，LVD1 110 不足够精确到确保 MCU 102 仍然保持在  $V_{min}$  之上，同时确保了最大的电池寿命。虽然 LVD2 116 被设计成提供精确的低电压指示；然而，LVD2 116 为此拉出更大的电流。因此，在  $V_{batt}$  大约是 LV1 (由低功耗引起的不精确性引起的) 时，LVD1 110 提供了指示 (即声称 LV1\_Detect 112)，以及在  $V_{batt}$  达到 LV2 时 LVD2 116 提供了中断 (即声称 LV2\_interrupt 118)。注意，在当前的实施例中，LVD2 116 在运行模式中总是启动的。然而，由于 LVD2 116 消耗了更多的功率，因此在 MCU 102 处于停止模式的同时，理想的是不允许 LVD2 116 启动。即，与总是启动的 LVD1 110 不同的是，在 MCU 102 处于停止模式的同时，LVD2 116 根据需要有选择性地启动。

注意，在上文的描述以及在下文的描述中，LVD2 116 监测  $V_{batt}$  以检测  $V_{batt}$  何时低于 LV2。即假设在 MCU 102 中不存在可选择的电压调节器 114 (即，LVD2 116 直接接收  $V_{batt}$  而不是  $V_{reg}$ )。然而，注意如 MCU 102 所示，如果存在电压调节器 114，则 LVD2 116 (耦合到电压调节器 114) 接收  $V_{reg}$ ，因此可以实际地检测  $V_{reg}$  何时低于 LV2。因此，在本实施例中，用于 LV2 的实际值可以基于通过电压调

节器 114 感测的电压降调节。不管是否监测 Vreg 或者 Vbatt，在 Vbatt 下降到第二阈值 LV2 之下时，LVD2 116 仍然提供 LV2\_interrupt 118。此外，注意，在 Vbatt 接近在 LV2 附近的电压电平时，在电压调节器 114 上的电压降降低到 Vbatt 大致与 Vreg 相同。因此，为了这里解释的方便，下文的描述参考 LVD2 监测 Vbatt 而不是 Vreg，但本领域普通技术人员可以理解的是监测 Vreg 可以实现相同的结果。

附图 2 所示为根据本发明的第一实施例的进入和退出安全状态的方法的附图。在 Vbatt 开始下降时，由于电力微弱的或被取下的电池（这里 Vbatt 通过电容器 104 提供）的缘故，LVD1 110 检测 Vbatt 何时达到大约 LV1，这在附图 2 中以点 180 示出。一旦达到点 180，如果 MCU 102 正在停止模式下操作，则 LVD2 116 周期性地启动以提供精确的低电压检测。

例如，返回到附图 1，PWU 启动单元 120 基于 LV1\_Detect 112、safe 136 和 STOP 132 使 PWU 124 启动。即，在 LV1\_Detect 112、safe 136 和 STOP 132 的值如附图 5 的真值表所示时，PWU 启动单元 120 声称 PWU\_en 122（以启动 PWU 124）。即，如附图 5 所示，仅在声称 LV1\_Detect 112、声称 STOP 132 和不声称 safe 136 时，声称 PWU\_en 122。即，在 LVD1 110 检测到 Vbatt 在 LV1 之下时（因此声称 LV1\_Detect 112），MCU 102 处于停止模式（声称 STOP 132），并且 MCU 102 不处于安全状态（不声称 safe 136），启动 PWU 124。注意，在 LV1\_Detect 112、safe 136 和 STOP 132 的值的所有的其它的组合上，不声称 PWU\_en 122 以便不启动 PWU 124。

PWU 124 提供 wakeup 126 给 LVD2 启动单元 128。在一种实施例中，wakeup 126 是用于通过 LVD2 启动单元 128 周期性地启动 LVD2 116 的周期脉冲。即，LVD2 启动单元 128 接收 wakeup 126 和 STOP 132 并将 LVD2\_en 130 提供给 LVD2 116（以及电压调节器 114，如果存在的话）。在声称 LVD2\_en 130 时，LVD2 116 启动并监测 Vbatt 以确定

Vbatt 是高于还是低于 LV2。(可替换地, 如上文所述, 如果存在电压调节器 114, LVD2 116 可以监测 Vreg, 在这种情况下它可以大致等于 Vbatt 以确定 Vbatt 是高于还是低于 LV2)。LVD2 启动单元 128 根据在附图 4 中所示的真值表操作。因此, 在运行模式中时(在不声称 STOP 132 时), 声称 LVD2\_en 130, 因此启动 LVD2 116。然而, 在停止模式时(声称 STOP 132), 仅在声称 wakeup 126 时, 声称 LVD2\_en 130。这样, 在停止模式过程中和在 Vbatt 处于 LV1 和 LV2 之间时, LVD2 116 通过 wakeup 126 周期性地启动以便消耗最小的功率。

返回到附图 2 的曲线图, 随着 Vbatt 继续下降, 由于电力微弱的电池或被取下的电池的缘故, LVD2 116 监测 Vbatt 何时达到 LV2, LV2 在附图 2 中通过点 182 示出。注意, 如果 MCU 102 在停止模式下操作, 则 LVD2 116 检测在通过 wakeup 126 确定的一个周期时间内达到 LV2 的 Vbatt。然而, 如果 MCU 102 在运行模式下操作, 则 LVD2 116 总是启动(即, 在去声称 STOP 132 时, 总是声称 LVD2\_en 130, 而与 wakeup 126 无关), 并且检测达到 LV2 的 Vbatt。如上文所述, LVD2 116 更精确地检测除了 LVD1 110 检测到达 LV1 的 Vbatt 之外 Vbatt 何时到达 LV2。一旦达到 LV2, LVD2 116 声称 LV2\_interrupt 118。注意, 在一种实施例中, LV2\_interrupt 118 指定最高的优先级以确保它立即通过中断处理器 142 承认。因此, 在这个实施例中, 一旦声称 LV2\_interrupt 118, 则中断处理器 142 允许 CPU 160 服务于待定的 LVD2 116 中断。用于服务 LVD2 116 中断的中断服务程序可以包含指令以允许 MCU 102 安全地关闭。例如, 中断服务程序可以将任何所需的信息(包括状态信息)保存进存储器 158, 并且可以将信号保存到外部设备 166 等中。

由于 MCU 102 现在正在 Vmin 附近操作(即 Vbatt 正接近 Vmin 的地方), 因此 MCU 102 应该在 Vmin 之前或者到达它时置于安全状态。在一种实施例中, 中断服务程序可以包括将安全位寄存器 134 设定到 1 以指示已经进入安全状态的指令。注意, 在安全位寄存器 134

被设置时，声称 safe 136 以禁止中断处理器 142 承认待定的或将来的中断。例如，参考附图 1，IH 控制单元 138 控制中断处理器 142 对外部和内部中断的响应。IH 控制单元 138 接收 LV1\_Detect 112 和 safe 136 并有选择性地声称如通过附图 3 的真值表所示的 IH\_block 140。例如，仅在声称 LV1\_Detect 112 和 safe 136 两者时，IH 控制单元 138 声称 IH\_block 140。在声称 IH\_block 140 时，禁止或阻止中断处理器 142 承认来自外部中断 144 或内部中断 146 的中断。因此，在一个实施例中，每个中断具有在外部中断 144 或内部中断 146 内的对应的中断信号。每个中断信号可以通过运行每个中断信号和 IH\_block 140 通过 IH\_block 140 单独阻止进入 AND 门。可替换地，其它的启动或门电路可用于禁止输入到中断处理器 142。在一种变型实施例中，IH\_block 140 可用于使中断处理器 142 的全部或一部分停止以实现中断的阻止或禁止。在再一实施例中，IH\_block 140 可通过中断处理器 142 的输出选通以实现中断的阻止或禁止。

注意，在一种变型实施例中，safe 136 可以以不同的方式实施。例如，响应 LVD2 116 检测达到 LV2 的 Vbatt (在某些实施例中，Vreg)，可以自动地声称 safe 136 (而不是通过中断服务程序)。还要注意，安全位寄存器 134 可以认为在 MCU 102 内的任何地方。

返回到附图 2，MCU 102 保持在安全状态，直到 Vbatt 再次上升到 LV1 之上。即，在插入新的电池时，或者在对当前的电池进行再充电时，Vbatt 再次上升到 LV1 之上，在这个点上安全状态退出并且安全位寄存器 134 复位到 0，因此去声称 safe 136。因此 MCU 102 再次能够承认中断，并且能够安全地退出停止模式并返回到运行模式。可替换地，一旦 Vbatt 上升到 LV1 之上，安全位寄存器 134 不复位。在这个实施例中，在唤醒 MCU 102 之后或某些点上，安全位寄存器可以被用户清除。

在本发明的一种实施例中，LVD1 110 也可用于检测 Vbatt 何时下

降到小于  $V_{min}$  的通电复位电压 ( $V_{POR}$ ) (如附图 2 所示)。在  $V_{batt}$  达到  $V_{POR}$  时, 通常 RAM 和内部逻辑状态完全或部分被破坏。如果在更换或对电池充电之前  $V_{batt}$  达到  $V_{POR}$ , 则由于数据破坏, 一旦更换电池或对电池充电, 则需要初始化 MCU 102。还要注意, 在某些实施例中, 复位中断或通电复位中断可能具有比上文描述的 LVD2 116 中断更高的优先级。

附图 6 所示为可用于附图 1 的 LVD1 110 的 LVD 电路 200 的一种实施例的示意图。LVD 电路 200 包括比较器 212、晶体管 208, 204 和 206 和电流源 202 和 210。电流源 202 具有耦合到  $V_{batt}$  的第一端子和耦合到比较器 212 的正输入 ( $V_{ref}$ ) 和晶体管 204 的第一电流电极的第二端子。电流源 202 给比较器 212 的正输入和晶体管 204 的第一电流电极提供电流  $I_{ref}$ 。晶体管 204 的第二电流电极耦合到晶体管 204 的控制电极和晶体管 206 的第一电流电极。晶体管 206 的控制电极和晶体管 206 的第二电流电极彼此耦合, 并耦合到电流源 210 的第二端子和地接点。晶体管 208 的第一电流电极耦合到  $V_{batt}$  和控制电极, 晶体管 208 的第二控制电极耦合到比较器 212 的负输入 ( $V_{comp}$ ) 和电流源 210 的第一端子。电流源 210 提供电流  $I_{comp}$ 。比较器 212 的输出提供  $LV1\_Detect$  112。注意, 在所示的实施例中, 晶体管 204 和 208 是 p-型 MOSFET 晶体管, 晶体管 206 是双极性晶体管。然而, 在变型实施例中, 也可以使用其它类型的晶体管, 不同的电路结构可用于提供  $LV1\_Detect$  112。

在操作中, 电流源 202 用于对晶体管 206 和 204 偏压以产生参考电压  $V_{ref}$ 。 $V_{ref}$  的值等于晶体管 206 的基极到发射极电压 ( $V_{be}$ ) 和晶体管 204 的阈值电压 ( $V_{tp}$ ) 之和。电流源 210 用于对晶体管 208 偏压以产生等于  $V_{batt}$  减去晶体管 208 的阈值电压 ( $V_{tp}$ ) 的  $V_{comp}$ 。通过比较器 212 监测  $V_{comp}$  和  $V_{ref}$  的关系。在  $V_{comp}$  高于  $V_{ref}$  时, 比较器 212 的输出较低 (在本实施例中去声称)。只要  $V_{batt}$  下降得足够低以使  $V_{comp}$  变得小于或等于  $V_{ref}$ , 则比较器输出从低切换到高,



指示低电压状态的检测。因此，在这一点上，声称 LV1\_Detect 112，指示 Vbatt 已经达到 LV1。

在 LVD 电路 200 中使用的电流源 202 和 210 具有很低的电路值。由于这个原因，对于低电压检测功能，LVD 电路 200 具有比该电路普通所需的抗噪性更低的抗噪性。然而，在一种实施例中，LVD 电路 200 的操作仅在 MCU 102 处于低功率停止模式中并且所有的时钟都停止时重要。通过 LVD 电路 200 产生的参考电压 Vref 不会高度精确，因为在处理参数和温度方面的偏差的缘故。然而，由于这个电路不用于给 MCU 102 产生中断以使系统关闭，因此不要求高度精确，如上文所述。即，LVD1 110 仅用于在适当的条件下启动更加精确的 LVD2 116 和将 MCU 102 保持在低功率安全状态，直到足够的电压已经外部地（通过 Vbatt）恢复以允许 MCU 102 开始再次处理。

附图 7 所示为可用于附图 1 的 LVD2 116 的 LVD 电路 300 的一种实施例的示意图。LVD 电路 300 包括带隙电路 302、电阻 306 和 304 和比较器 308。Vbatt（或者如果存在电压调节器 114 的话，Vref）耦合到带隙电路 302 的第一端子和电阻 306 的第一端子。带隙电路 302 的第二端子耦合到比较器 308 的正输入以提供 Vref，带隙电路 302 的第三端子耦合到电阻 304 的第一端子和地接点。电阻 306 的第二端子耦合到电阻 304 的第二端子和比较器 308 的负输入。比较器 308 具有提供 LV2\_interrupt 118 的输出。注意，不同的实施例可使用不同的电路结构以提供 LV2\_interrupt 118。

LVD 电路 300 使用带隙参考电路（带隙电路 302）以产生精确的参考电压 Vref。电阻 306 和 304 形成了在 Vref 和地之间的分压器，这个分压器用于产生一个以便与参考值进行比较的电压。只要 Vbatt（Vref）下降到足够低以使 Vcomp 变为等于或小于 Vref，则比较器 308 的输出从低切换到高，指示低电压状态的检测（即，声称 LV2\_interrupt 118）。（注意，带隙电路 302 可以是任何带隙电路，如本领域所公知。）

带隙电路 302 和通过电阻 306 和 304 形成的分压器拉出比在某些应用中停止模式所能够允许的电流更大的电流。为此，在 MCU 102 进入低功率停止模式时 LVD1 110（使用 LVD 电路 300）停止。因此，可以理解的是，对于 LVD1 110 和 LVD2 116 可以使用不同的类型的 LVD 电路，其中在电流消耗和精度之间可以实现平衡。

虽然参考特定的导电型或电压极性已经描述老本发明，但是本领域普通技术人员应该理解的是导电型和电压极性可以反向。

在前述的说明书中，参考实施例已经描述了本发明。然而，本领域普通技术人员应该理解的是，在不脱离如在下面的权利要求中阐述的本发明的范围的前提下可以做出各种改进和改变。例如，方块图可以具有除了所示的方块图之外的不同的方块，并且可以具有更多或更少的方块或者不同地设置。此外，某些方块可以组合。例如，一种变型实施例可以将 LVD1 110 和 LVD2 116 的功能组合成单 LVD 系统，该单 LVD 系统在高功率和低功率模式中能够操作并且在  $V_{batt}$  下降到 LV1 之下时提供一种指示而在  $V_{batt}$  下降到 LV2 之下时提供另一种指示。因此，说明书和附图应该被看作说明性的而不是限制性的，所有的这种改进都希望被包括在本发明的范围内。

参考特定的实施例上文已经描述了本发明的好处、其它优点和解决问题的方案。然而，这些好处、优点、解决问题的方案和可能使任何好处、优点或方案更加明确的任何元件都不应该被解释为任何或全部权利要求的关键的、所要求的或基本的特征或元件。正如在此所使用，术语“包括”或任何其它的类似的术语都是非排他性包括，因此包括元件列表的过程、方法、物件或设备不仅仅包括这些元件，而是还可以包括除了这种过程、方法、物件或设备固有的或没有被明确地列出的其它元件。

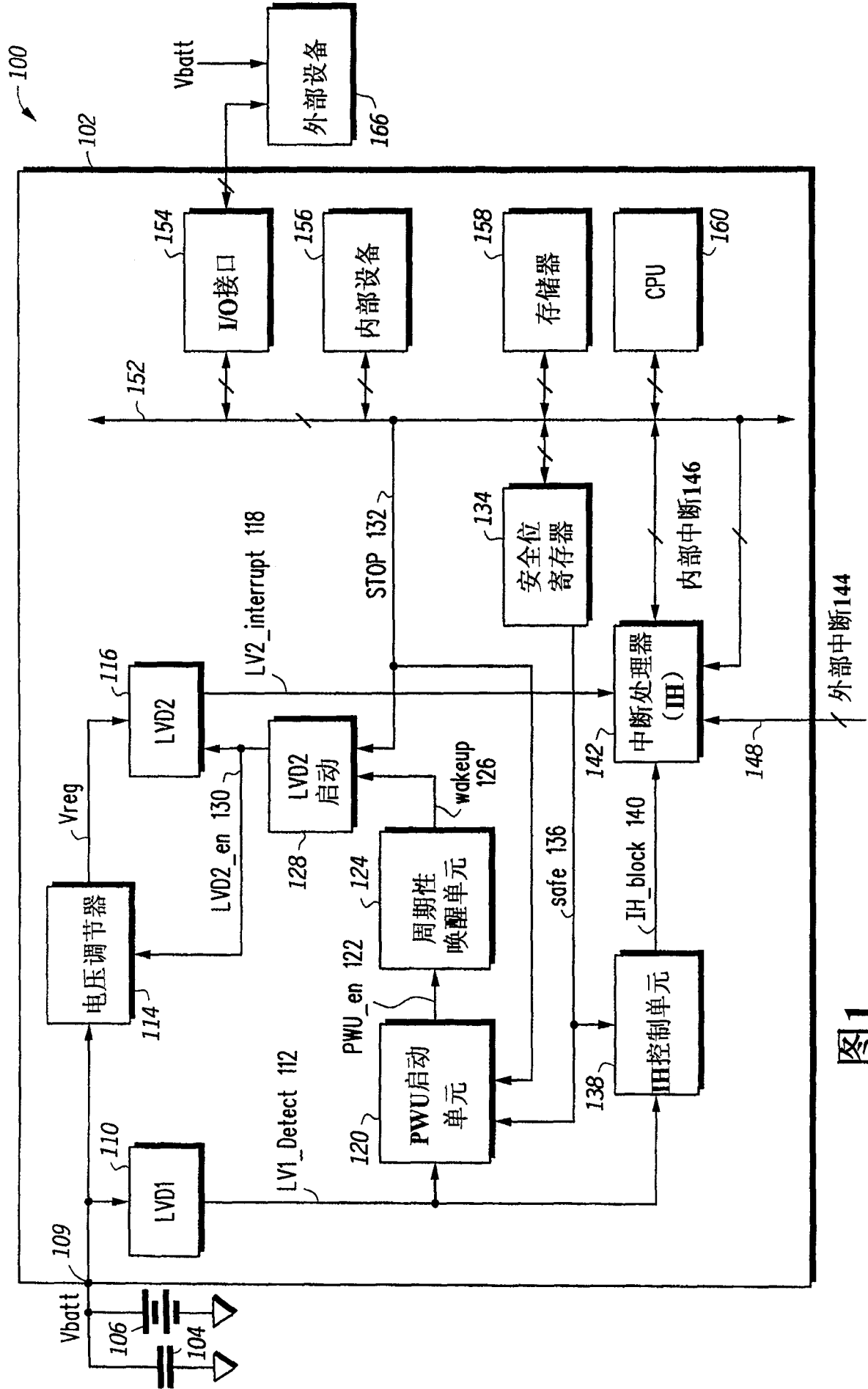


图1

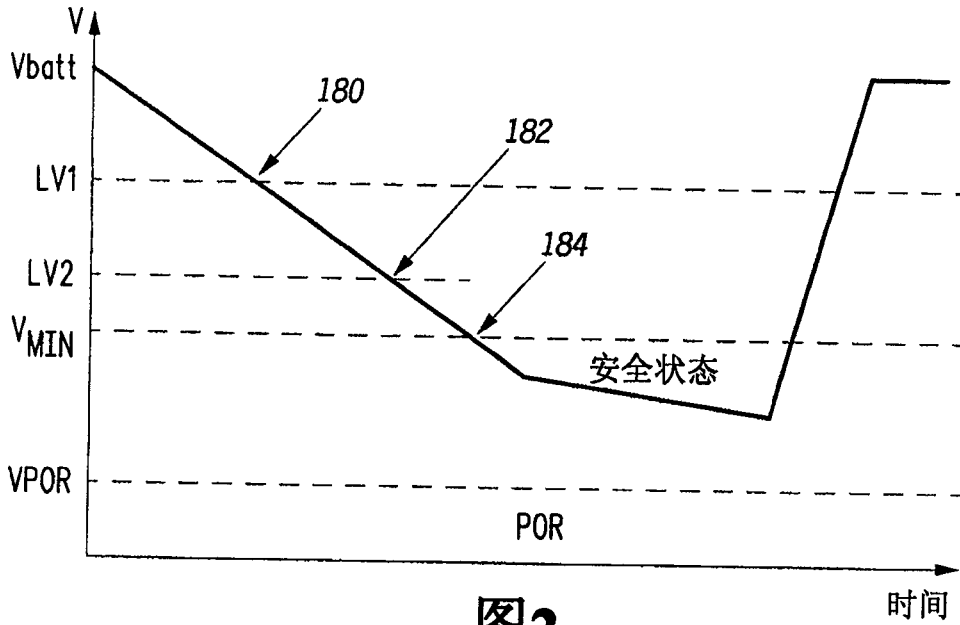


图2

LV1_Detect 112	safe 136	IH_block 140
0 ( $V_{BATT} > LV1$ )	0	0 (中断允许)
0	1	0
1 ( $V_{BATT} \leq LV1$ )	0	0
1	1	1 (中断禁止)

图3

wakeup 126	STOP 132	LVD2_en 130
0	0 (运行模式)	1 (LVD2启动)
0	1 (停止模式)	0 (LVD2停止)
1	0	1
1	1	1

图4

LV1_Detect 112	safe 136	STOP 132	PWU_en 122
0	0	0	0 (PWU停止)
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1 (PWU启动)
1	1	0	0
1	1	1	0

图5

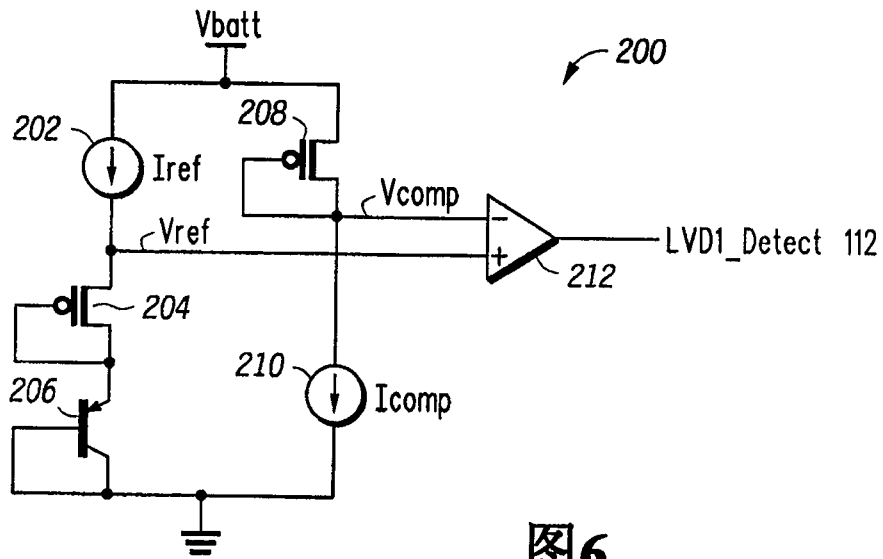


图6

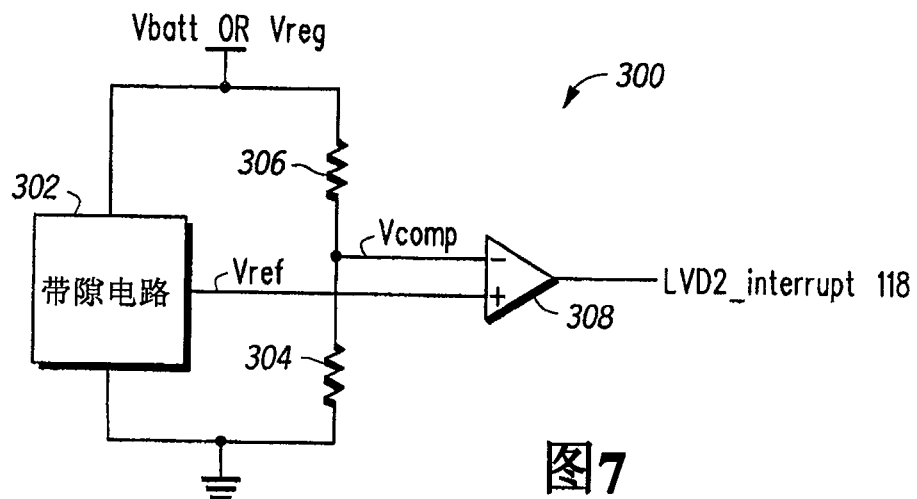


图7