



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103197717 B

(45) 授权公告日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201310066301. X

(22) 申请日 2013. 02. 28

(73) 专利权人 华为技术有限公司

地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为  
总部办公楼

(72) 发明人 郭建平 王新入 付一伟

(74) 专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理  
有限公司 11205

代理人 刘芳

(51) Int. Cl.

G05F 1/575(2006. 01)

审查员 朱琼

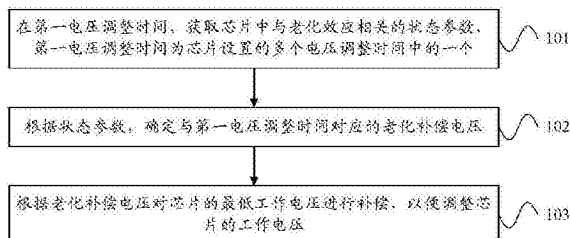
权利要求书4页 说明书19页 附图4页

(54) 发明名称

自适应电压调整方法、芯片以及系统

(57) 摘要

本发明实施例提供一种自适应电压调整方法、芯片以及系统,该方法包括:在第一电压调整时间,获取芯片中与老化效应相关的状态参数,所述第一电压调整时间为所述芯片设置的多个电压调整时间中的一个;根据所述状态参数,确定与所述第一电压调整时间对应的老化补偿电压;根据所述老化补偿电压对所述芯片的最低工作电压进行补偿,以便调整所述芯片的工作电压。通过在芯片的生命周期内多次对芯片的最低工作电压进行补偿,以调整芯片的工作电压,从而解决了芯片老化加速、功耗增加的问题。



1. 一种自适应电压调整方法,其特征在于,包括:

在第一电压调整时间,获取芯片中与老化效应相关的状态参数,所述第一电压调整时间为所述芯片设置的多个电压调整时间中的一个;

根据所述状态参数,确定与所述第一电压调整时间对应的老化补偿电压;

根据所述老化补偿电压对所述芯片的最低工作电压进行补偿,以便调整所述芯片的工作电压;

其中,所述根据所述状态参数,确定与所述第一电压调整时间对应的老化补偿电压,包括:

根据所述状态参数,通过查询存储介质,获取与所述第一电压调整时间对应的老化补偿电压,其中,所述存储介质保存有通过老化仿真得到的,所述多个电压调整时间分别与,各个电压调整时间的状态参数和老化补偿电压,之间的对应关系。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述在第一电压调整时间,获取芯片中与老化效应相关的状态参数之前,还包括:

根据所述芯片的生命周期划分所述多个电压调整时间。

3. 根据权利要求 2 所述的方法,其特征在于,所述根据所述芯片的生命周期划分所述多个电压调整时间,包括:

采用每相邻两个电压调整时间的的时间间隔逐渐递减的方式,划分所述多个电压调整时间;或者,

采用等间隔的方式,划分所述多个电压调整时间;或者,

根据所述芯片的老化效应曲线的斜率大小,划分所述多个电压调整时间。

4. 根据权利要求 1~3 任一项所述的方法,其特征在于,所述状态参数,包括:工作电压和工作温度。

5. 根据权利要求 4 所述的方法,其特征在于,所述通过老化仿真得到的,多个电压调整时间分别与,各个电压调整时间的状态参数和老化补偿电压,之间的对应关系采用下述方式确定:

在时间节点  $t_i$ ,根据所述芯片的不同的工作电压和工作温度,获取各工作电压和工作温度对应的所述芯片在所述时间节点  $t_i$ 至  $t_{i+1}$ 时间段内的饱和电流退化百分比;

根据所述饱和电流退化百分比,对所述时间节点  $t_i$ 的工作电压进行修正,获得所述各工作电压和温度对应的所述时间节点  $t_{i+1}$ 时的老化补偿电压;

其中,所述  $i$  为大于等于 0 的整数,所述时间节点的个数大于或等于所述电压调整时间的个数,所述芯片在时间节点  $t_i$ 的工作电压为所述芯片在时间节点  $t_{i-1}$ 的工作电压与所述芯片在时间节点  $t_i$ 的工作电压和温度对应的所述时间节点  $t_i$ 时的老化补偿电压之和。

6. 根据权利要求 5 所述的方法,其特征在于,所述获取各工作电压和工作温度对应的所述芯片在所述时间节点  $t_i$ 至  $t_{i+1}$ 时间段内的饱和电流退化百分比,包括:

获取所述芯片各 MOS 管在  $t_i$ 后仿真时间  $\Delta t$  内的漏源极电压和栅源极电压;

根据所述  $t_i$ 时的工作温度、所述漏源极电压和热载流子注入 HCI 导致的 MOS 管的饱和电流退化模型,获得 HCI 导致的所述各 MOS 管在所述  $t_i$ 至  $t_{i+1}$ 时间内的第一饱和电流退化百分比;

根据所述  $t_i$ 时的工作温度、所述栅源极电压和低压温度不稳定性 BTI 导致的 MOS 管的

饱和电流退化模型,获得 BTI 导致的所述各 MOS 管在所述  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间内的第二饱和电流退化百分比;

确定所述各 MOS 管在所述  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的第一饱和电流退化百分比与第二饱和电流退化百分比之和为所述各 MOS 管在所述  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的饱和电流退化百分比;

所述根据所述饱和电流退化百分比,对所述时间节点  $t_i$  的工作电压进行修正,获得所述各工作电压和温度对应的所述时间节点  $t_{i+1}$  时的老化补偿电压,包括:

获取所述芯片在所述  $t_i$  后仿真时间  $\Delta t$  内的第一输出频率;

根据所述各 MOS 管在所述  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的饱和电流退化百分比,获得所述芯片在  $t_{i+1}$  时的老化后的物理参数;

采用所述老化后的物理参数对所述芯片进行模拟老化处理;

将老化后的芯片在所述仿真时间  $\Delta t$  内以所述  $t_i$  时的工作温度进行工作,获取所述老化后的芯片在所述仿真时间  $\Delta t$  内的第二输出频率;

当所述第二输出频率等于所述第一输出频率时,获取所述老化后的芯片的工作电压,确定所述老化后的芯片的工作电压与所述  $t_i$  时的工作电压的差值为  $t_{i+1}$  时的老化补偿电压。

7. 根据权利要求 1~3 任一项所述的方法,其特征在于,所述根据所述老化补偿电压对所述芯片的最低工作电压进行补偿,以便调整所述芯片的工作电压,包括:

向电源管理电路 PMIC 发送电压调整请求,所述电压调整请求包括所述老化补偿电压,以使所述 PMIC 根据当前提供给芯片的供电电压与所述老化补偿电压的电压之和调整所述芯片的工作电压;或者,

向所述 PMIC 发送电压调整请求,所述电压调整请求包括所述芯片当前的工作电压与所述老化补偿电压的电压之和,以使所述 PMIC 根据所述电压之和调整所述芯片的工作电压。

8. 一种自适应电压调整芯片,其特征在于,包括:

获取模块,用于在第一电压调整时间,获取芯片中与老化效应相关的状态参数,所述第一电压调整时间为所述芯片设置的多个电压调整时间中的一个;

确定模块,用于根据所述状态参数,确定与所述第一电压调整时间对应的老化补偿电压;

处理模块,用于根据所述老化补偿电压对所述芯片的最低工作电压进行补偿,以便调整所述芯片的工作电压;

其中,所述确定模块具体用于根据所述状态参数,通过查询存储介质,获取与所述第一电压调整时间对应的老化补偿电压,其中,所述存储介质保存有通过老化仿真得到的,所述多个电压调整时间分别与,各个电压调整时间的状态参数和老化补偿电压,之间的对应关系。

9. 根据权利要求 8 所述的芯片,其特征在于,还包括:

划分模块,用于所述获取模块在第一电压调整时间,获取芯片中与老化效应相关的状态参数之前,根据所述芯片的生命周期划分所述多个电压调整时间。

10. 根据权利要求 9 所述的芯片,其特征在于,所述划分模块具体用于采用每相邻两个电压调整时间的的时间间隔逐渐递减的方式,划分所述多个电压调整时间;或者,

采用等间隔的方式,划分所述多个电压调整时间;或者,  
根据所述芯片的老化效应曲线的斜率大小,划分所述多个电压调整时间。

11. 根据权利要求 8 ~ 10 任意一项所述的芯片,其特征在于,所述状态参数,包括:工作电压和工作温度。

12. 根据权利要求 11 所述的芯片,其特征在于,所述通过老化仿真得到的,多个电压调整时间分别与,各个电压调整时间的状态参数和老化补偿电压,之间的对应关系采用下述方式确定:

在时间节点  $t_i$ ,根据所述芯片的不同的工作电压和工作温度,获取各工作电压和工作温度对应的所述芯片在所述时间节点  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的饱和电流退化百分比;

根据所述饱和电流退化百分比,对所述时间节点  $t_i$  的工作电压进行修正,获得所述各工作电压和温度对应的所述时间节点  $t_{i+1}$  时的老化补偿电压;

其中,所述  $i$  为大于等于 0 的整数,所述时间节点的个数大于或等于所述电压调整时间的个数,所述芯片在时间节点  $t_i$  的工作电压为所述芯片在时间节点  $t_{i-1}$  的工作电压与所述芯片在时间节点  $t_{i-1}$  的工作电压和温度对应的所述时间节点  $t_i$  时的老化补偿电压之和。

13. 根据权利要求 12 所述的芯片,其特征在于,所述获取各工作电压和工作温度对应的所述芯片在所述时间节点  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的饱和电流退化百分比,包括:

获取所述芯片各 MOS 管在  $t_i$  后仿真时间  $\Delta t$  内的漏源极电压和栅源极电压;

根据所述  $t_i$  时的工作温度、所述漏源极电压和热载流子注入 HCI 导致的 MOS 管的饱和电流退化模型,获得 HCI 导致的所述各 MOS 管在所述  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间内的第一饱和电流退化百分比;

根据所述  $t_i$  时的工作温度、所述栅源极电压和低压温度不稳定性 BTI 导致的 MOS 管的饱和电流退化模型,获得 BTI 导致的所述各 MOS 管在所述  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间内的第二饱和电流退化百分比;

确定所述各 MOS 管在所述  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的第一饱和电流退化百分比与第二饱和电流退化百分比之和为所述各 MOS 管在所述  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的饱和电流退化百分比;

所述根据所述饱和电流退化百分比,对所述时间节点  $t_i$  的工作电压进行修正,获得所述各工作电压和温度对应的所述时间节点  $t_{i+1}$  时的老化补偿电压,包括:

获取所述芯片在所述  $t_i$  后仿真时间  $\Delta t$  内的第一输出频率;

根据所述各 MOS 管在所述  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的饱和电流退化百分比,获得所述芯片在  $t_{i+1}$  时的老化后的物理参数;

采用所述老化后的物理参数对所述芯片进行模拟老化处理;

将老化后的芯片在所述仿真时间  $\Delta t$  内以所述  $t_i$  时的工作温度进行工作,获取所述老化后的芯片在所述仿真时间  $\Delta t$  内的第二输出频率;

当所述第二输出频率等于所述第一输出频率时,获取所述老化后的芯片的工作电压,确定所述老化后的芯片的工作电压与所述  $t_i$  时的工作电压的差值为  $t_{i+1}$  时的老化补偿电压。

14. 根据权利要求 8 ~ 10 任一项所述的芯片,其特征在于,所述处理模块具体用于向电源管理电路 PMIC 发送电压调整请求,所述电压调整请求包括所述老化补偿电压,以使所述 PMIC 根据当前提供给芯片的供电电压与所述老化补偿电压的电压之和调整所述芯片的

工作电压 ;或者,

向所述 PMIC 发送电压调整请求,所述电压调整请求包括所述芯片当前的工作电压与  
所述老化补偿电压的电压之和,以使所述 PMIC 根据所述电压之和调整所述芯片的工作电  
压。

15. 一种自适应电压调整系统,其特征在于,包括:自适应电压调整芯片和电源管理电  
路,其中,所述自适应电压调整芯片包括如权利要求 8 ~ 14 任一项所述的芯片。

## 自适应电压调整方法、芯片以及系统

### 技术领域

[0001] 本发明实施例涉及芯片技术,尤其涉及一种自适应电压调整方法、芯片以及系统。

### 背景技术

[0002] 随着移动设备和芯片集成度的不断提高,设备能耗以及可持续使用时间日益成为人们关注的焦点,而相对落后的电池技术使得移动设备尤其是芯片对低功耗的要求越来越高。

[0003] 现有技术通过自适应电压调整 (Adaptive Voltage Scaling, 简称为 AVS) 技术确定芯片的最低工作电压,并根据该最低工作电压调整芯片的供电电压,从而降低芯片的功耗。但是,初始状态以最低工作电压作为供电电压进行供电的芯片在工作一段时间后,芯片中晶体管的阈值电压会升高,导致芯片的最低工作电压升高,若芯片仍以初始状态的最低工作电压进行工作,则会出现芯片失效情形。因此,现有技术考虑芯片老化的情况下,通过老化试验和统计分析得到芯片在整个生命周期内的一个老化电压增加量,并采用最低工作电压与老化电压增加量之和调整芯片的供电电压,以避免芯片失效情形。

[0004] 但是,采用上述现有技术调整芯片的供电电压,使芯片以该供电电压作为工作电压进行工作,时常出现芯片老化加速、功耗增加的问题。

### 发明内容

[0005] 本发明提供一种自适应电压调整方法、芯片以及系统,通过在芯片的生命周期内多次对芯片的最低工作电压进行补偿,以根据补偿后的最低工作电压调整芯片的工作电压,从而解决了芯片老化加速、功耗增加的问题。

[0006] 第一方面,本发明实施例提供一种自适应电压调整方法,包括:在第一电压调整时间,获取芯片中与老化效应相关的状态参数,所述第一电压调整时间为所述芯片设置的多个电压调整时间中的一个;根据所述状态参数,确定与所述第一电压调整时间对应的老化补偿电压;根据所述老化补偿电压对所述芯片的最低工作电压进行补偿,以便调整所述芯片的工作电压。

[0007] 在第一方面的第一种可能实现的方式中,所述在第一电压调整时间,获取芯片中与老化效应相关的状态参数之前,还包括:根据所述芯片的生命周期划分所述多个电压调整时间。

[0008] 结合第一方面的第一种可能实现的方式,在第一方面的第二种可能实现的方式中,所述根据所述芯片的生命周期划分所述多个电压调整时间,包括:采用每相邻两个电压调整时间的间隔逐渐递减的方式,划分所述多个电压调整时间;或者,采用等间隔的方式,划分所述多个电压调整时间;或者,根据所述芯片的老化效应曲线的斜率大小,划分所述多个电压调整时间。

[0009] 结合第一方面或第一方面的第一种可能实现的方式或第一方面的第二种可能实现的方式,在第一方面的第三种可能实现的方式中,所述状态参数,包括:工作电压和工作

温度。

[0010] 结合第一方面的第三种可能实现的方式,在第一方面的第四种可能实现的方式中,所述根据所述状态参数,确定与所述第一电压调整时间对应的老化补偿电压,包括:根据所述状态参数,通过查询存储介质,获取与所述第一电压调整时间对应的老化补偿电压,其中,所述存储介质保存有通过老化仿真得到的,所述多个电压调整时间分别与,各个电压调整时间的状态参数和老化补偿电压,之间的对应关系;或者,根据所述状态参数,通过老化计算,获取所述老化补偿电压。

[0011] 结合第一方面的第四种可能实现的方式,在第一方面的第五种可能实现的方式中,所述通过老化仿真得到的,多个电压调整时间分别与,各个电压调整时间的状态参数和老化补偿电压,之间的对应关系采用下述方式确定:在时间节点  $t_i$ ,根据所述芯片的不同的工作电压和工作温度,获取各工作电压和工作温度对应的所述芯片在所述时间节点  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的饱和电流退化百分比;根据所述饱和电流退化百分比,对所述时间节点  $t_i$  的工作电压进行修正,获得所述各工作电压和温度对应的所述时间节点  $t_{i+1}$  时的老化补偿电压;其中,所述  $i$  为大于等于 0 的整数,所述时间节点的个数大于或等于所述电压调整时间的个数,所述芯片在时间节点  $t_i$  的工作电压为所述芯片在时间节点  $t_{i-1}$  的工作电压与所述芯片在时间节点  $t_{i+1}$  的工作电压和温度对应的所述时间节点  $t_i$  时的老化补偿电压之和。

[0012] 结合第一方面的第五种可能实现的方式,在第一方面的第六种可能实现的方式中,所述获取各工作电压和工作温度对应的所述芯片在所述时间节点  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的饱和电流退化百分比,包括:获取所述芯片各 MOS 管在  $t_i$  后仿真时间  $\Delta t$  内的漏源极电压和栅源极电压;根据所述  $t_i$  时的工作温度、所述漏源极电压和热载流子注入 HCI 导致的 MOS 管的饱和电流退化模型,获得 HCI 导致的所述各 MOS 管在所述  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间内的第一饱和电流退化百分比;根据所述  $t_i$  时的工作温度、所述栅源极电压和低压温度不稳定性 BTI 导致的 MOS 管的饱和电流退化模型,获得 BTI 导致的所述各 MOS 管在所述  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间内的第二饱和电流退化百分比;确定所述各 MOS 管在所述  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的第一饱和电流退化百分比与第二饱和电流退化百分比之和为所述各 MOS 管在所述  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的饱和电流退化百分比;

[0013] 所述根据所述饱和电流退化百分比,对所述时间节点  $t_i$  的工作电压进行修正,获得所述各工作电压和温度对应的所述时间节点  $t_{i+1}$  时的老化补偿电压,包括:获取所述芯片在所述  $t_i$  后仿真时间  $\Delta t$  内的第一输出频率;根据所述各 MOS 管在所述  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的饱和电流退化百分比,获得所述芯片在  $t_{i+1}$  时的老化后的物理参数;采用所述老化后的物理参数对所述芯片进行模拟老化处理;将老化后的芯片在所述仿真时间  $\Delta t$  内以所述  $t_i$  时的工作温度进行工作,获取所述老化后的芯片在所述仿真时间  $\Delta t$  内的第二输出频率;当所述第二输出频率等于所述第一输出频率时,获取所述老化后的芯片的工作电压,确定所述老化后的芯片的工作电压与所述  $t_i$  时的工作电压的差值为  $t_{i+1}$  时的老化补偿电压。

[0014] 结合第一方面或第一方面的第一种可能实现的方式或第一方面的第二种可能实现的方式或第一方面的第三种可能实现的方式或第一方面的第四种可能实现的方式或第一方面的第五种可能实现的方式或第一方面的第六种可能实现的方式,在第一方面的第七种可能实现的方式中,所述根据所述老化补偿电压对所述芯片的最低工作电压进行补偿,以便调整所述芯片的工作电压,包括:向电源管理电路 PMIC 发送电压调整请求,所述电压

调整请求包括所述老化补偿电压,以使所述 PMIC 采用最低工作电压与所述老化补偿电压的电压之和调整所述芯片的工作电压;或者,

[0015] 向所述 PMIC 发送电压调整请求,所述电压调整请求包括所述芯片的最低工作电压与所述老化补偿电压的电压之和,以使所述 PMIC 采用所述电压之和调整所述芯片的工作电压。

[0016] 第二方面,本发明实施例提供一种自适应电压调整芯片,包括:获取模块,用于在第一电压调整时间,获取芯片中与老化效应相关的状态参数,所述第一电压调整时间为所述芯片设置的多个电压调整时间中的一个;确定模块,用于根据所述状态参数,确定与所述第一电压调整时间对应的老化补偿电压;补偿模块,用于根据所述老化补偿电压对所述芯片的最低工作电压进行补偿,以便调整所述芯片的工作电压。

[0017] 在第二方面的第一种可能实现的方式中,还包括:划分模块,用于所述获取模块在第一电压调整时间,获取芯片中与老化效应相关的状态参数之前,根据所述芯片的生命周期划分所述多个电压调整时间。

[0018] 结合第二方面的第一种可能实现的方式,在第二方面的第二种可能实现的方式中,所述划分模块具体用于采用每相邻两个电压调整时间的时间间隔逐渐递减的方式,划分所述多个电压调整时间;或者,采用等间隔的方式,划分所述多个电压调整时间;或者,根据所述芯片的老化效应曲线的斜率大小,划分所述多个电压调整时间。

[0019] 结合第二方面或第二方面的第一种可能实现的方式或第二方面的第二种可能实现的方式,在第二方面的第三种可能实现的方式中,所述状态参数,包括:工作电压和工作温度。

[0020] 结合第二方面的第三种可能实现的方式,在第二方面的第四可能实现的方式中,所述确定模块具体用于根据所述状态参数,通过查询存储介质,获取与所述第一电压调整时间对应的老化补偿电压,其中,所述存储介质保存有通过老化仿真得到的,所述多个电压调整时间分别与,各个电压调整时间的状态参数和老化补偿电压,之间的对应关系;或者,根据所述状态参数,通过老化计算,获取所述老化补偿电压。

[0021] 结合第二方面的第四种可能实现的方式,在第二方面的第五种可能实现的方式中,所述通过老化仿真得到的,多个电压调整时间分别与,各个电压调整时间的状态参数和老化补偿电压,之间的对应关系采用下述方式确定:在时间节点  $t_i$ ,根据所述芯片的不同的工作电压和工作温度,获取各工作电压和工作温度对应的所述芯片在所述时间节点  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的饱和电流退化百分比;根据所述饱和电流退化百分比,对所述时间节点  $t_i$  的工作电压进行修正,获得所述各工作电压和温度对应的所述时间节点  $t_{i+1}$  时的老化补偿电压;其中,所述  $i$  为大于等于 0 的整数,所述时间节点的个数大于或等于所述电压调整时间的个数,所述芯片在时间节点  $t_i$  的工作电压为所述芯片在时间节点  $t_{i-1}$  的工作电压与所述芯片在时间节点  $t_{i-1}$  的工作电压和温度对应的所述时间节点  $t_i$  时的老化补偿电压之和。

[0022] 结合第二方面的第五种可能实现的方式,在第二方面的第六种可能实现的方式中,所述获取各工作电压和工作温度对应的所述芯片在所述时间节点  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的饱和电流退化百分比,包括:获取所述芯片各 MOS 管在  $t_i$  后仿真时间  $\Delta t$  内的漏源极电压和栅源极电压;根据所述  $t_i$  时的工作温度、所述漏源极电压和热载流子注入 HCI 导致的 MOS 管的饱和电流退化模型,获得 HCI 导致的所述各 MOS 管在所述  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间内的第一饱和



电流退化百分比；根据所述  $t_i$  时的工作温度、所述栅源极电压和低压温度不稳定性 BTI 导致的 MOS 管的饱和电流退化模型，获得 BTI 导致的所述各 MOS 管在所述  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间内的第二饱和电流退化百分比；确定所述各 MOS 管在所述  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的第一饱和电流退化百分比与第二饱和电流退化百分比之和为所述各 MOS 管在所述  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的饱和电流退化百分比；

[0023] 所述根据所述饱和电流退化百分比，对所述时间节点  $t_i$  的工作电压进行修正，获得所述各工作电压和温度对应的所述时间节点  $t_{i+1}$  时的老化补偿电压，包括：获取所述芯片在所述  $t_i$  后仿真时间  $\Delta t$  内的第一输出频率；根据所述各 MOS 管在所述  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的饱和电流退化百分比，获得所述芯片在  $t_{i+1}$  时的老化后的物理参数；采用所述老化后的物理参数对所述芯片进行模拟老化处理；将老化后的芯片在所述仿真时间  $\Delta t$  内以所述  $t_i$  时的工作温度进行工作，获取所述老化后的芯片在所述仿真时间  $\Delta t$  内的第二输出频率；当所述第二输出频率等于所述第一输出频率时，获取所述老化后的芯片的工作电压，确定所述老化后的芯片的工作电压与所述  $t_i$  时的工作电压的差值为  $t_{i+1}$  时的老化补偿电压。

[0024] 结合第二方面或第二方面的第一种可能实现的方式或第二方面的第二种可能实现的方式或第二方面的第三种可能实现的方式或第二方面的第四种可能实现的方式或第二方面的第五种可能实现的方式或第二方面的第六种可能实现的方式，在第二方面的第七种可能实现的方式中，所述处理模块具体用于向电源管理电路 PMIC 发送电压调整请求，所述电压调整请求包括所述老化补偿电压，以使所述 PMIC 根据当前提供给芯片的供电电压与所述老化补偿电压的电压之和调整所述芯片的工作电压；或者，向所述 PMIC 发送电压调整请求，所述电压调整请求包括所述芯片当前的工作电压与所述老化补偿电压的电压之和，以使所述 PMIC 根据所述电压之和调整所述芯片的工作电压。

[0025] 第三方面，本发明实施例提供一种自适应电压调整系统，包括：自适应电压调整芯片和电源管理电路，其中，所述自适应电压调整芯片包括如上所述的芯片。

[0026] 本发明提供的自适应电压调整方法、芯片以及系统，通过在第一电压调整时间，获取芯片中与老化效应相关的状态参数，所述第一电压调整时间为所述芯片设置的多个电压调整时间中的一个；根据所述状态参数，确定与所述第一电压调整时间对应的老化补偿电压；根据所述老化补偿电压对所述芯片的最低工作电压进行补偿，以便调整所述芯片的工作电压。由于为芯片设置了多个电压调整时间，从而可以在芯片的生命周期内多次对芯片的最低工作电压进行补偿，以根据补偿后的最低工作电压来调整芯片的工作电压，解决了芯片老化加速、功耗增加的问题。

## 附图说明

[0027] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作一简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0028] 图 1 为本发明自适应电压调整方法实施例一的流程图；

[0029] 图 2 为本发明自适应电压调整方法实施例二的流程图；

[0030] 图 3 为图 2 所示实施例中对对应关系确定方法的流程图；

- [0031] 图 4 为本发明自适应电压调整方法实施例三的流程圖；
- [0032] 图 5 为本发明自适应电压调整芯片实施例一的结构示意图；
- [0033] 图 6 为本发明自适应电压调整芯片实施例二的结构示意图；
- [0034] 图 7 为本发明自适应电压调整芯片实施例三的结构示意图；
- [0035] 图 8 为本发明自适应电压调整芯片实施例四的结构示意图；
- [0036] 图 9 为本发明自适应电压调整芯片实施例五的结构示意图；
- [0037] 图 10 为本发明自适应电压调整系统实施例一的结构示意图；
- [0038] 图 11 为本发明自适应电压调整系统实施例二的结构示意图。

### 具体实施方式

[0039] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0040] 图 1 为本发明自适应电压调整方法实施例一的流程图，如图 1 所示，本实施例的方法可以包括：

[0041] 步骤 101、在第一电压调整时间，获取芯片中与老化效应相关的状态参数，第一电压调整时间为芯片设置的多个电压调整时间中的一个。

[0042] 在本实施例中，由于芯片工作一段时间后，芯片内的金属氧化物半导体场效应晶体管 (Metal Oxid Semiconductor, 简称 MOS 管) 会存在老化导致的饱和电流退化、阈值电压升高等现象，从而使得芯片的最低工作电压升高。因此，需要对芯片在工作期限内进行电压调整，可以在芯片的生命周期内预先设置多个电压调整时间，或者可以在芯片的生命周期中，根据芯片的最低工作电压补偿的需要设置多个电压调整时间，同时给每一个电压调整时间设置相应的老化补偿电压，以在该电压调整时间对芯片的最低工作电压进行补偿。因此，在第一电压调整时间到达时，获取芯片在该第一电压调整时间的与老化效应相关的状态参数，其中，芯片中与老化效应相关的状态参数可以为：工作电压和 / 或工作温度和 / 或工作电流等，在本发明在此不做限制，该第一电压调整时间可以是芯片设置的多个电压调整时间中任意一个电压调整时间。

[0043] 步骤 102、根据状态参数，确定与第一电压调整时间对应的老化补偿电压。

[0044] 本实施例中，在获取到芯片在第一电压调整时间的与老化效应相关的状态参数后，根据该状态参数，确定与第一电压调整时间对应的老化补偿电压，需要说明的是，第一电压调整时间对应着一个老化补偿电压，也就是每个电压调整时间对应着一个老化补偿电压。

[0045] 步骤 103、根据老化补偿电压对芯片的最低工作电压进行补偿，以便调整芯片的工作电压。

[0046] 本实施例中，在获得第一电压调整时间对应的老化补偿电压后，根据老化补偿电压对芯片的最低工作电压进行补偿，从而可以根据芯片的最低工作电压调整给芯片供电的电源管理电路 (Power Manager Integrated Circuit, 简称 PMIC) 的供电电压，以使芯片的工作电压为 PMIC 提供给芯片的调整后的供电电压，从而实现了在该第一电压调整时间对

芯片的工作电压进行调整,以保证芯片的工作电压不小于补偿后的最低工作电压。

[0047] 重复执行步骤 101 ~ 步骤 103,使得芯片可以在芯片设置的多个电压调整时间,根据每个电压调整时间与老化效应相关的状态参数确定老化补偿电压,然后对芯片的最低工作电压进行补偿,以调整芯片的工作电压不小于最低工作电压,从而实现了在芯片的生命周期内对芯片的最低工作电压进行多次补偿,并调整芯片的工作电压。

[0048] 本发明实施例一提供的自适应电压调整方法,通过在第一电压调整时间,获取芯片中与老化效应相关的状态参数,所述第一电压调整时间为所述芯片设置的多个电压调整时间中的一个;根据所述状态参数,确定与所述第一电压调整时间对应的老化补偿电压;根据所述老化补偿电压对所述芯片的最低工作电压进行补偿,以便调整所述芯片的工作电压。由于为芯片设置了多个电压调整时间,从而可以在芯片的生命周期内多次对芯片的最低工作电压进行补偿,以根据补偿后的最低工作电压来调整芯片的工作电压,解决了芯片老化加速、功耗增加的问题。

[0049] 图 2 为本发明自适应电压调整方法实施例二的流程图,如图 2 所示,本实施例的方法可以包括:

[0050] 步骤 201、根据芯片的生命周期划分多个电压调整时间。

[0051] 本实施例中,根据芯片的生命周期划分多个电压调整时间可以包括:采用每相邻两个电压调整时间的间隔逐渐递减的方式,划分多个电压调整时间;或者,

[0052] 采用等间隔的方式,划分多个电压调整时间;或者,

[0053] 根据芯片的老化效应曲线的斜率大小,划分多个电压调整时间,其中,老化效应曲线可以通过大量实验来获得的,本实施例不以此为限。

[0054] 需要说明的是,本实施例可以采用上述三种方式划分芯片的多个电压调整时间,但本实施例不以此为限制。

[0055] 步骤 202、获取通过老化仿真得到的,多个电压调整时间分别与,各个电压调整时间的状态参数和老化补偿电压,之间的对应关系,并将所述对应关系保存在存储介质中。

[0056] 本实施例中,通过获取老化仿真得到的,多个电压调整时间分别与,各个电压调整时间的状态参数和老化补偿电压,之间的对应关系,并根据对应关系中电压调整时间对应的老化补偿电压来补偿芯片的最低工作电压,为了提高补偿芯片的最低工作电压的准确性,该对应关系为包含各电压调整时间下与芯片的与老化效应相关的状态参数和老化补偿电压的对应关系,以根据芯片的当前状态参数和该对应关系来确定老化补偿电压,从而补偿芯片的最低工作电压,以调整芯片的工作电压。同时将所获取到的调整列表存储在存储介质中,该存储介质可以为非易失性存储器,本实施例并不以此为限,以免该对应关系丢失,该非易失性存储器可以为设置在芯片内的存储器,也可以为设置在芯片外的存储器。其中,对应关系中的状态参数可以为芯片的工作电压和 / 或工作温度,优选地,该状态参数可以为芯片的工作电压和工作温度,以进一步提高调整芯片工作电压的准确性。

[0057] 需要说明的是,步骤 202 也可以在步骤 201 之前执行,本实施例对此不做限制。

[0058] 步骤 203、在第一电压调整时间,获取芯片中与老化效应相关的状态参数,第一电压调整时间为芯片设置的多个电压调整时间中的一个。

[0059] 本实施例中,在芯片获得上述对应关系后,在芯片开始运行工作时,还需要对芯片的运行工作时间进行记录,具体地,可以在芯片中设置一计数器,由该计数器来对芯片的运

行工作时间进行记录,同时计数器还将所记录的芯片的运行时间存储到存储介质中,该存储介质可以为非易失性存储器,以防止芯片掉电时所记录的芯片的运行时间的丢失,从而可以提高补偿芯片的最低工作电压的准确性,从而可以有效地对芯片的工作电压进行调整。

[0060] 由于对应关系中就记录了各电压调整时间,因此,当计数器记录芯片的运行时间刚好为各电压调整时间时,即说明电第一压调整时间已到达,需要对芯片的最低工作电压进行补偿,此时,应获取芯片的工作电压和/或工作温度。当对应关系中的状态参数为工作电压时,若芯片工作在恒温模式中,在第一电压调整时间到达时,只需要获取芯片的工作电压即可。当对应关系中的状态参数为工作温度时,若芯片工作在恒压模式中,在第一电压调整时间到达时,只需要获取芯片的工作温度即可。优先地,当对应关系中的状态参数为工作电压和工作温度时,在第一电压调整时间到达时,需要获取芯片的工作电压和工作温度,以提高补偿芯片的最低工作电压的准确性。

[0061] 其中,获取芯片的工作电压的具体过程可以为:获取检测电路检测获取到的芯片的工作电压,该检测电路主要用于检测芯片的工作电压;或者,获取 AVS 控制器检测获取的芯片的工作电压,该 AVS 控制器可以获取到芯片的工作电压,需要说明的是,该 AVS 控制器获取芯片的工作电压与现有技术中一致,本发明实施例在此不再赘述。

[0062] 其中,获取芯片的工作温度的具体过程可以为:获取芯片上的温敏器件感应得到的芯片的工作温度,该温敏器件为能感应到温度变化的器件;或者,获取芯片上的振荡器的输出频率,并根据该输出频率获取芯片的工作温度,需要说明的是,振荡的输出频率是与芯片的工作温度相关,需要说明的是,输出频率与芯片的工作温度之间的关系与现有技术中一致,本发明实施例在此不再赘述。

[0063] 步骤 204、根据状态参数,通过查询存储介质,获取与所述第一电压调整时间对应的老化补偿电压。

[0064] 本实施例中,获取芯片在第一电压调整时间时的工作电压和/或工作温度,根据芯片的工作电压和/或工作温度,通过查询存储介质,确定第一电压调整时间对应的老化补偿电压,其中,存储介质保存有通过老化仿真得到的,多个电压调整时间分别与,各个电压调整时间的状态参数和老化补偿电压,之间的对应关系。当只获取芯片的工作电压时,根据芯片的工作电压,查询存储在存储介质(例如非易失性存储器)中的对应关系,获取与该第一电压调整时间对应的老化补偿电压,也就是,该老化补偿电压既与该第一电压调整时间对应也与该芯片的工作电压对应。当只获取芯片的工作温度时,根据芯片的工作温度,查找存储在存储介质(例如非易失性存储器)中的对应关系,获取与该第一电压调整时间对应的老化补偿电压,也就是,该老化补偿电压既与该第一电压调整时间对应也与该芯片的工作温度对应。优先地,当获取芯片的工作电压和工作温度时,根据芯片的工作电压和工作温度,查找存储在存储介质(例如非易失性存储器)中的调整列表,获取与该第一电压调整时间对应的老化补偿电压,也就是,该老化补偿电压既与该第一电压调整时间对应也与该芯片的工作电压和工作温度同时对应,以进一步提高补偿芯片的最低工作电压的准确性。

[0065] 步骤 205、根据老化补偿电压对芯片的最低工作电压进行补偿,以便调整芯片的工作电压。

[0066] 本实施例中,在获得第一电压调整时间对应的老化补偿电压后,根据该老化补偿

电压对芯片的最低工作电压进行补偿,从而可以根据芯片的最低工作电压调整给芯片供电的 PMIC 的供电电压,以使芯片的工作电压为 PMIC 提供给芯片的调整后的供电电压,从而实现了在该第一电压调整时间对芯片的工作电压进行调整,以保证芯片的工作电压不小于补偿后的最低工作电压。

[0067] 在具体实现根据老化补偿电压对芯片的最低工作电压进行补偿,以便调整芯片的工作电压时,可以采用下述两种实现方式:

[0068] 在第一种可行的实现方式中,向 PMIC 发送电压调整请求,该电压调整请求包括老化补偿电压,以使 PMIC 根据当前提供给芯片的供电电压与所述老化补偿电压的电压之和调整所述芯片的工作电压;即,芯片在获得第一电压调整时间对应的老化补偿电压之后,将该老化补偿电压携带在电压调整请求中,并将该电压调整请求发送给 PMIC,以使 PMIC 根据电压调整请求,将在当前提供芯片的供电电压的基础上再增加老化补偿电压作为芯片的最低工作电压,因此,PMIC 接收到芯片发送的电压调整请求后,获取到电压调整请求中的老化补偿电压,将该当前正在提供的芯片的供电电压与从电压调整请求中获取到的老化补偿电压之和作为补偿后的芯片的最低工作电压,然后根据该芯片的最低工作电压调整芯片的供电电压,以保证芯片的工作电压不低于补偿后的芯片的最低工作电压。

[0069] 在第二种可行的实现方式中,向 PMIC 发送电压调整请求,电压调整请求包括芯片的当前的工作电压与老化补偿电压的电压之和,以使 PMIC 根据电压之和调整芯片的工作电压。即,芯片在获得电压调整时间的老化补偿电压之后,将此时芯片的当前的工作电压与老化补偿电压之和携带在电压调整请求中,并将该电压调整请求发送给 PMIC,以使 PMIC 将供电电压调整为不小于芯片的当前的工作电压与老化补偿电压之和,因此,PMIC 接收到芯片发送的电压调整请求后,获取到电压调整请求中的芯片的当前的工作电压与老化补偿电压之和,将芯片的当前工作电压与老化补偿电压之和作为补偿后的芯片的最低工作电压,然后将提供给芯片的供电电压调整为不小于补偿后的芯片的最低工作电压。

[0070] 重复执行步骤 203 步骤 205,使得芯片可以在芯片的生命周期内、对应关系中的每个电压调整时间,获取芯片的工作电压和 / 或工作温度,并根据每个电压调整时间的芯片的工作电压和 / 或工作温度确定老化补偿电压,然后对芯片的最低工作电压进行补偿,从而实现了在芯片的生命周期内根据芯片的状态参数对芯片的最低工作电压进行多次补偿,提高补偿芯片的最低工作电压的准确性,并根据补偿后的最低工作电压调整芯片的工作电压。

[0071] 值得注意的是,步骤 201 中采用每相邻两个电压调整时间的的时间间隔逐渐递减的方式,划分多个电压调整时间,即可以设置各电压调整时间在芯片的生命周期内为前疏后密的形式,即在芯片的生命周期的前一阶段内时,芯片的老化速度比较缓慢,可以将各电压调整时间之间的时间间隔设置得比较大,而在芯片的生命周期的后一阶段内时,随着芯片的运作工作时间增长,芯片的老化速度增加,因此,可以将各电压调整时间之间的时间间隔设置得比较小,因此,通过这样的电压调整时间的设置方式可以使得芯片在生命周期中的大部分时间内得到的老化补偿电压较小,从而在对芯片的最低工作电压进行补偿时,可使得芯片的最低工作电压保持在比较小的值上,相应地可以调整芯片的工作电压在较小的值上,因此,可以有效地降低芯片的老化速度以及芯片的功耗,进一步增大了 AVS 技术的应用性。

[0072] 本发明实施例二提供的自适应电压调整方法,通过根据芯片的生命周期划分多个电压调整时间;在第一电压调整时间,获取芯片中与老化效应相关的状态参数;根据状态参数,通过查询存储介质,该存储介质保存有通过老化仿真得到的,多个电压调整时间分别与,各个电压调整时间的状态参数和老化补偿电压,之间的对应关系,从而获取与所述第一电压调整时间对应的老化补偿电压;最后根据老化补偿电压对芯片的最低工作电压进行补偿,以便调整芯片的工作电压。由于在芯片的生命周期内设置了多个电压调整时间,并根据芯片在各电压调整时间时的状态参数来获取精确的老化补偿电压,从而可以在芯片的生命周期内多次准确地补偿芯片的最低工作电压,以使芯片的工作电压不小于补偿后的最低工作电压,解决了芯片老化加速、功耗增加的问题。

[0073] 下面对如何通过老化仿真得到,多个电压调整时间分别与,各个电压调整时间的状态参数和老化补偿电压,之间的对应关系进行详细介绍。图3为图2所示实施例中对应关系确定方法的流程图,如图3所示,对应关系确定方法可以包括:

[0074] 步骤301、在时间节点 $t_i$ ,根据芯片的不同的工作电压和工作温度,获取各工作电压和工作温度对应的芯片在时间节点 $t_i$ 至 $t_{i+1}$ 时间段内的饱和电流退化百分比。

[0075] 步骤302、根据饱和电流退化百分比,对时间节点 $t_i$ 的工作电压进行修正,获得各工作电压和温度对应的时间节点 $t_{i+1}$ 时的老化补偿电压。

[0076] 其中, $i$ 为大于等于0的整数,时间节点的个数大于或等于电压调整时间的个数,芯片在时间节点 $t_i$ 的工作电压为芯片在时间节点 $t_{i-1}$ 的工作电压与芯片在时间节点 $t_{i-1}$ 的工作电压和温度对应的时间节点 $t_i$ 时的老化补偿电压之和。

[0077] 本实施例中,当芯片的运行工作时间到达时间节点 $t_i$ 时,其中, $i$ 为大于等于0的整数,根据芯片的不同的工作电压和工作温度,这是由于芯片在实际工作时的的工作电压和工作温度与在时间节点 $t_i$ 时芯片的工作电压和温度肯定会存在一定的误差,所以芯片需要设置有不同的工作电压和工作温度,例如:给芯片设置的不同工作温度可以为: $T$ 、 $T+5^{\circ}\text{C}$ 、 $T+10^{\circ}\text{C}$ 、 $T+15^{\circ}\text{C}$ 。给芯片初始运行时设置的不同工作电压可以为:芯片在时间节点 $t_0$ 时的最低工作电压、芯片在时间节点 $t_0$ 时的最低工作电压 $+0.05\text{V}$ 、芯片在时间节点 $t_0$ 时的最低工作电压 $+0.1\text{V}$ 、芯片在时间节点 $t_0$ 时的最低工作电压 $+0.15\text{V}$ ;从而芯片在时间节点 $t_i$ 时的各工作电压为:芯片在时间节点 $t_0$ 时的各工作电压加上该时间节点 $t_0$ 的工作电压和工作温度所对应的时间节点 $t_i$ 的老化补偿电压,以此类推,芯片在时间节点 $t_i$ 的各工作电压为:芯片在时间节点 $t_{i-1}$ 的各工作电压加上各时间节点 $t_{i-1}$ 的工作电压和温度所对应的时间节点 $t_i$ 时的老化补偿电压。因此,在这种情况下,时间节点 $t_i$ 对应的芯片的工作电压和工作温度存在16种不同的情况,以使芯片在第一电压调整时间时,所获取到芯片的工作电压和工作温度在上述对应关系中能找到对应的工作电压和工作温度,可以提高补偿芯片最低工作电压的准确性。需要说明的是,在时间节点 $t_i$ 时芯片的不同的工作电压和温度的个数和变化幅度均是为了举例说明,本发明实施例不以此为限。

[0078] 其中,步骤301中获取各工作电压和工作温度对应的芯片在时间节点 $t_i$ 至 $t_{i+1}$ 时间段内的饱和电流退化百分比的具体实现过程可以为:

[0079] 第一步、获取芯片各MOS管在 $t_i$ 后仿真时间 $\Delta t$ 内的漏源极电压和栅源极电压。

[0080] 本实施例中,由于芯片中包含有很多MOS管,而且各MOS管的饱和电流退化、阈值电压升高等现象可反应芯片的老化现象,因此,当在时间 $t_i$ 时,根据芯片的一工作电压和一

工作温度,获取芯片各MOS管在 $t_i$ 后仿真时间 $\Delta t$ 内的漏源极电压 $V_{ds}$ 和栅源极电压 $V_{gs}$ ,其中该仿真时间 $\Delta t$ 的大小小于各时间节点之间的时间段的大小。

[0081] 第二步、根据 $t_i$ 时的工作温度、漏源极电压和热载流子注入HCI导致的MOS管的饱和电流退化模型,获得HCI导致的各MOS管在 $t_i$ 至 $t_{i+1}$ 时间内的第一饱和电流退化百分比。

[0082] 本实施例中,由于热载流子注入(Hot Carrier Injection,简称为HCI)导致的MOS管的饱和电流退化模型可以用公式一表示,该公式一为:

$$[0083] \quad mttf_1 = A_1 \times \Delta id\%^{1/n_1} \times e^{B \times (1/V_{ds})} \times e^{E_{a1}/(KT)},$$

[0084] 其中, $A_1$ 、 $n_1$ 和 $B$ 为与该退化模型相关的系数, $E_{a1}$ 为HCI的激活能(即普通电子变成热载流子所需的能量), $K$ 为玻尔兹曼常数, $mttf_1$ 为MOS管受HCI影响的使用期限, $T$ 为芯片 $t_i$ 时的工作温度, $\Delta id\%$ 为 $mttf_1$ 内的饱和电流退化百分比, $V_{ds}$ 为MOS管的漏源极电压。由公式一可以获得MOS管单位时间内HCI导致的饱和电流退化百分比,该饱和电流退化百分比可以用公式二表示,该公式二为:

$$[0085] \quad \Delta id\% = [dt / (A_1 \times e^{B \times (1/V_{ds})} \times e^{E_{a1}/(KT)})]^{n_1}.$$

[0086] 由于已经获得了仿真时间 $\Delta t$ 内的MOS管的 $V_{ds}$ ,因此,由公式二可以获得MOS管在时间 $t_i$ 后仿真时间 $\Delta t$ 内HCI导致的饱和电流退化百分比,该饱和电流退化百分比可以用公式三表示,该公式三为:

$$[0087] \quad \Delta id\% = \left[ \int_0^{\Delta t} \frac{dt}{(A_1 \times e^{B \times (1/V_{ds})} \times e^{E_{a1}/(KT)})} \right]^{n_1}.$$

[0088] 本实施例中,可以认为芯片在 $t_i$ 至 $t_{i+1}$ 时间内的老化速度与仿真时间 $\Delta t$ 内的老化速度相同,因此,由公式三可以获得MOS管在时间 $t_i$ 至 $t_{i+1}$ 时间内HCI导致的第一饱和电流退化百分比,该第一饱和电流退化百分比可以用公式四表示,该公式四为:

$$[0089] \quad \Delta id\%_1 = \frac{t_{i+1} - t_i}{\Delta t} \times \left[ \int_0^{\Delta t} \frac{dt}{(A_1 \times e^{B \times (1/V_{ds})} \times e^{E_{a1}/(KT)})} \right]^{n_1},$$

[0090] 其中, $\Delta id\%_1$ 为HCI导致的MOS管在 $t_i$ 至 $t_{i+1}$ 时间内的第一饱和电流退化百分比。

[0091] 因此,通过公式四可以获得HCI导致的各MOS管在 $t_i$ 至 $t_{i+1}$ 时间内的第一饱和电流退化百分比。

[0092] 第三步、根据 $t_i$ 时的工作温度、栅源极电压和低压温度不稳定性BTI导致的MOS管的饱和电流退化模型,获得BTI导致的各MOS管在 $t_i$ 至 $t_{i+1}$ 时间内的第二饱和电流退化百分比。

[0093] 本实施例中,由于低压温度不稳定性(Bias Temperature Instability,简称为BTI)导致的MOS管的饱和电流退化模型可以用公式五表示,该公式五为:

$$[0094] \quad mttf_2 = A_2 \times \Delta id\%^{1/n_2} \times e^{\gamma \times (1/V_{gs})} \times e^{E_{a2}/(KT)},$$

[0095] 其中, $A_2$ 、 $n_2$ 和 $\gamma$ 为与该退化模型相关的系数, $E_{a2}$ 为BTI的激活能(即正离子移动至栅极所需的能量), $K$ 为玻尔兹曼常数, $mttf_2$ 为MOS管受BTI影响的使用期限, $T$ 为芯片 $t_i$ 时的工作温度, $\Delta id\%$ 为 $mttf_2$ 内的饱和电流退化百分比, $V_{gs}$ 为MOS管的栅源极电压。由公式五可以获得MOS管单位时间内BTI导致的饱和电流退化百分比,该饱和电流退

化百分比可以用公式六表示,该公式六为: $\Delta id\% = \left[ \int_0^{\Delta t} \frac{dt}{(A_2 \times e^{\lambda \times (1/V_{gs})} \times e^{E_{a2}/(KT)})} \right]^{n_2}$ 。

[0096] 由于已经获得了仿真时间  $\Delta t$  内的 MOS 管的  $V_{gs}$ , 因此, 由公式二可以获得 MOS 管在时间  $t_i$  后仿真时间  $\Delta t$  内 BTI 导致的饱和电流退化百分比, 该饱和电流退化百分比可以用公式七表示, 该公式七为:

$$[0097] \quad \Delta id\% = \left[ \int_0^{\Delta t} \frac{dt}{(A_2 \times e^{\lambda \times (1/V_{gs})} \times e^{E_{a2}/(KT)})} \right]^{n_2}。$$

[0098] 本实施例中, 可以认为芯片在  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间内的老化速度与仿真时间  $\Delta t$  内的老化速度相同, 因此, 由公式三可以获得 MOS 管在时间  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间内 BTI 导致的第二饱和电流退化百分比, 该第二饱和电流退化百分比可以用公式八表示, 该公式八为:

$$[0099] \quad \Delta id\%_2 = \frac{t_{i+1} - t_i}{\Delta t} \times \left[ \int_0^{\Delta t} \frac{dt}{(A_2 \times e^{\lambda \times (1/V_{gs})} \times e^{E_{a2}/(KT)})} \right]^{n_2},$$

[0100] 其中,  $\Delta id\%_2$  为 BTI 导致的 MOS 管在  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间内的第二饱和电流退化百分比。

[0101] 因此, 获得 BTI 导致的各 MOS 管在  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间内的第二饱和电流退化百分比。

[0102] 第四步、确定各 MOS 管在  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的第一饱和电流退化百分比与第二饱和电流退化百分比之和为各 MOS 管在  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的饱和电流退化百分比。

[0103] 本实施例中, 由于 MOS 管同时受 HCI 和 BTI 的影响, 所以 MOS 管在  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的饱和电流退化百分比为 HCI 导致的该 MOS 管在  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的第一饱和电流退化百分比与 BTI 导致的该 MOS 管在  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的第二饱和电流退化百分比之和, 因此, 将各 MOS 管对应的在  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的第一饱和电流退化百分比与第二饱和电流退化百分比相加, 即可获得各 MOS 管在  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的饱和电流退化百分比。

[0104] 进一步地, 实施例中的步骤 302 的具体实现过程可以为:

[0105] 第一步、获取芯片在  $t_i$  后仿真时间  $\Delta t$  内的第一输出频率。

[0106] 本实施例中, 在确定时间节点  $t_i$  芯片的工作电压和工作温度后, 芯片在时间节点  $t_i$  后仿真时间  $\Delta t$  内就以该工作电压和工作温度运行工作, 从而可以获得芯片在  $t_i$  后仿真时间  $\Delta t$  内该工作电压和工作温度对应的第一输出频率。

[0107] 第二步、根据各 MOS 管在  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的饱和电流退化百分比, 获得芯片在  $t_{i+1}$  时的老化后的物理参数。

[0108] 本实施例中, 可以认为各 MOS 管以各自对应的在  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的饱和电流退化百分比进行退化, 从而可以计算获得各 MOS 管以各自的饱和电流退化百分比退化后的物理参数, 例如各 MOS 管的阈值电压的变化量等, 其中阈值电压的变化量与饱和电流退化百分比符合一定的函数关系, 需要说明的是, 饱和电流退化百分比如何影响 MOS 管的物理参数与现有技术中一致, 本发明实施例在此不再赘述。由各 MOS 管的退化后物理参数可以确定芯片的在  $t_{i+1}$  时的老化后的物理参数。

[0109] 第三步、采用老化后的物理参数对芯片进行模拟老化处理。

[0110] 本实施例中, 根据上述所获得的芯片在时间节点  $t_{i+1}$  时的老化后的物理参数对芯片进行模拟老化处理, 以使芯片的物理参数为该老化后的物理参数, 从而获得老化后的芯片。

[0111] 第四步、将老化后的芯片在仿真时间  $\Delta t$  内以  $t_i$  时的工作温度进行工作, 获取老



化后的芯片在仿真时间  $\Delta t$  内的第二输出频率。

[0112] 本实施例中,将老化后的芯片在仿真时间  $\Delta t$  内以  $t_i$  时的所确定的工作温度和电压进行工作,从而可以获得老化后的芯片在仿真时间  $\Delta t$  内的第二输出频率。为了使老化后芯片的性能与老化前芯片(即时间  $t_i$  时的芯片)的性能一样,可以通过使老化后的芯片在仿真时间  $\Delta t$  内的第二输出频率与上述所获得的芯片在仿真时间  $\Delta t$  内的第一输出频率相同,本实施例中可以认为芯片在运行工作过程中温度是恒定的,所以此处可以通过改变老化后的芯片的工作电压来改变第二输出频率。

[0113] 第五步、当第二输出频率等于第一输出频率时,获取老化后的芯片的工作电压,确定老化后的芯片的工作电压与  $t_i$  时的工作电压的差值为  $t_{i+1}$  时的老化补偿电压。

[0114] 本实施例中,当第二输出频率等于第一输出频率时,获取此时改变后的老化后的芯片的工作电压,将该老化后的芯片的工作电压与时间  $t_i$  时给芯片所设置的工作电压的差值确定为时间  $t_{i+1}$  时的老化补偿电压。即老化后的芯片在时间  $t_{i+1}$  时的工作电压在时间  $t_i$  时的工作电压的基础上需要再增加该时间  $t_{i+1}$  时的老化补偿电压,才能保证芯片在时间  $t_{i+1}$  时的运行性能与在时间  $t_i$  时的运行性能相同。从而可以获得不同的  $t_i$  时的工作电压和温度所对应的  $t_{i+1}$  时的老化补偿电压,因此,可以生成  $t_{i+1}$  对应着不同的工作电压和温度,而且不同的工作电压和温度对应着不同的老化补偿电压的对应关系。

[0115] 值得注意的是,可以设置各时间节点在芯片的生命周期内为前疏后密的形式,即在芯片的生命周期的前一阶段内时,芯片的老化速度比较缓慢,可以将各时间节点之间的时间间隔设置得比较大,而在芯片的生命周期的后一阶段内时,随着芯片的运作工作时间增长,芯片的老化速度增加,因此,可以将各时间节点之间的时间间隔设置得比较小,因此,通过这样的时间节点的设置方式可以使得芯片在生命周期中的大部分时间内得的老化补偿电压较小,从而使得芯片的最低工作电压保持在比较小的值上,因此,可以有效地降低芯片的老化速度以及芯片的功耗,进一步增大了 AVS 技术的应用性。

[0116] 需要说明的是,在具体实现时,上述确定对应关系的过程可以通过软件来实现。

[0117] 图 4 为本发明自适应电压调整方法实施例三流程图,如图 4 所示,本实施例的方法可以包括:

[0118] 步骤 401、根据芯片的生命周期划分多个电压调整时间。

[0119] 本实施例中,在具体实现根据芯片的生命周期划分多个电压调整时间的详细过程可以参照步骤 201 中相关的记载,在此不再赘述。

[0120] 步骤 402、在第一电压调整时间时,获取芯片中与老化效应相关的工作电压和工作温度,第一电压调整时间为芯片设置的多个电压调整时间中的一个。

[0121] 本实施例中,在芯片生命周期中为芯片设置多个电压调整时间,然后对芯片的运行工作时间进行记录,具体地,可以在芯片中设置一计数器,由该计数器来对芯片的运行工作时间进行记录,同时计数器还将所记录的芯片的运行时间存储到存储介质(例如非易失性存储器)中,以防止芯片掉电时所记录的芯片的运行时间的丢失,从而可以提高调整芯片的最低工作电压的准确性。

[0122] 当计数器记录芯片的运行时间刚好为芯片生命周期中的多个电压调整时间中的一个调整时间时,即说明第一电压调整时间已到达,需要对芯片的最低工作电压进行补偿,此时,应获取芯片的工作电压和工作温度。其中,获取芯片的工作电压和获取芯片的工作温

度的具体实现过程可以参见步骤 203 中的相关记载, 此处不再赘述。

[0123] 步骤 403、根据芯片的工作电压和工作温度, 通过老化计算, 获取第一电压调整时间对应的老化补偿电压。

[0124] 本实施例中, 在第一电压调整时间到达时, 通过老化计算, 获取芯片此时的工作电压和工作温度对应的芯片在当前第一电压调整时间至下一个电压调整时间段内的饱和电压退化百分比, 具体过程可以为: 获取芯片至少一个 MOS 管在第一电压调整时间后仿真时间  $\Delta t$  内的漏源极电压和栅源极电压, 根据第一电压调整时间时的工作温度、漏源极电压和 HCI 导致的至少一个 MOS 管的饱和电流退化模型, 获得 HCI 导致的至少一个 MOS 管在第一电压调整时间至下一个电压调整时间内的第一饱和电流退化百分比, 根据第一电压调整时间的工作温度、栅源极电压和 BTI 导致的至少一个 MOS 管的饱和电流退化模型, 获得 BTI 导致的各 MOS 管在第一电压调整时间至下一个电压调整时间内的第二饱和电流退化百分比, 确定各 MOS 管在第一电压调整时间至下一个电压调整时间段内的第一饱和电流退化百分比与第二饱和电流退化百分比之和为各 MOS 管在第一电压调整时间至下一个电压调整时间段内的饱和电流退化百分比, 然后确定各 MOS 管中饱和电流退化百分比中的最大值作为芯片在第一电压调整时间至下一个电压调整时间段内的饱和电压退化百分比。其中, 获得 MOS 管的饱和电流退化百分比的详细过程可以参见步骤 301 中相关的记载, 此处不再赘述。

[0125] 在获得芯片此时的工作电压和工作温度对应的芯片在第一电压调整时间至下一个电压调整时间段内的饱和电压退化百分比之后, 将该饱和电流退化百分比和相关的状态参数代入老化模型, 从而可以计算获取第一电压调整时间对应的老化补偿电压, 该老化模型可以是现有的。需要说明的是, 这一过程的实现可以采用现有技术或将来技术中的老化模型进行计算获取电压调整时间对应的老化补偿电压, 本发明对此不做限制。

[0126] 步骤 404、根据老化补偿电压对芯片的最低工作电压进行补偿, 以便调整芯片的工作电压。

[0127] 本实施例中, 在获得老化补偿电压之后, 在下一个电压调整时间到达时, 根据所获得的老化补偿电压对芯片的最低工作电压进行补偿, 然后根据补偿后的最低工作电压调整芯片的工作电压。在具体实现根据老化补偿电压对芯片的最低工作电压进行补偿, 以便调整芯片的工作电压的详细过程可以参照步骤 205 中相关的记载, 在此不再赘述。

[0128] 重复执行步骤 402 ~ 步骤 404, 使得芯片可以在芯片的生命周期内、每个电压调整时间, 获取芯片的工作电压和工作温度, 并根据每个电压调整时间时芯片的工作电压和工作温度确定老化补偿电压, 然后对芯片的最低工作电压进行补偿, 从而实现了在芯片的生命周期内根据芯片的当前状态参数对芯片的最低工作电压进行多次补偿, 提高补偿芯片的最低工作电压的准确性, 并根据补偿后的最低工作电压调整芯片的工作电压。

[0129] 本发明实施例三提供的自适应电压调整方法, 通过根据芯片的生命周期划分多个电压调整时间, 在第一电压调整时间时, 获取芯片中与老化效应相关的工作电压和工作温度, 根据芯片的工作电压和工作温度, 通过老化计算, 获取第一电压调整时间对应的老化补偿电压, 根据老化补偿电压对芯片的最低工作电压进行补偿, 以便调整芯片的工作电压。由于在芯片的生命周期内设置了多个电压调整时间, 并根据芯片在各电压调整时间时的工作电压和工作温度来实时获取精确的老化补偿电压, 从而可以在芯片的生命周期内多次准确

地补偿芯片在第一电压调整时间的下一个电压调整时间的最低工作电压,以使芯片在下一个电压调整时间的工作电压不小于补偿后的最低工作电压,解决了芯片老化加速、功耗增加的问题。

[0130] 图5为本发明自适应电压调整芯片实施例一的结构示意图,如图5所示,本实施例的芯片可以包括:获取模块11、确定模块12和处理模块13,其中,获取模块11用于在第一电压调整时间,获取芯片中与老化效应相关的状态参数,所述第一电压调整时间为所述芯片设置的多个电压调整时间中的一个;确定模块12用于根据所述状态参数,确定与所述第一电压调整时间对应的老化补偿电压;处理模块13用于根据所述老化补偿电压对所述芯片的最低工作电压进行补偿,以便调整所述芯片的工作电压。

[0131] 本实施例的自适应电压调整芯片,可以用于执行本发明上述方法实施例的技术方案,其实现原理和技术效果类似,详细可以参见上述实施例中的记载,此处不再赘述。

[0132] 图6为本发明自适应电压调整芯片实施例二的结构示意图,如图6所示,本实施例的芯片在图5所示芯片结构的基础上,进一步地,还可以包括:划分模块14,该划分模块14用于获取模块11在第一电压调整时间,获取芯片中与老化效应相关的状态参数之前,根据所述芯片的生命周期划分所述多个电压调整时间。

[0133] 进一步地,划分模块14具体用于采用每相邻两个电压调整时间的时间间隔逐渐递减的方式,划分所述多个电压调整时间;或者,采用等间隔的方式,划分所述多个电压调整时间;或者,根据所述芯片的老化效应曲线的斜率大小,划分所述多个电压调整时间。

[0134] 优选地,所述状态参数,包括:工作电压和工作温度。

[0135] 进一步地,确定模块12具体用于根据所述状态参数,通过查询存储介质,获取与所述第一电压调整时间对应的老化补偿电压,其中,所述存储介质保存有通过老化仿真得到的,所述多个电压调整时间分别与,各个电压调整时间的状态参数和老化补偿电压,之间的对应关系;或者,根据所述状态参数,通过老化计算,获取所述老化补偿电压。

[0136] 更进一步地,处理模块13具体用于向PMIC发送电压调整请求,所述电压调整请求包括所述老化补偿电压,以使所述PMIC根据当前提供给芯片的供电电压与所述老化补偿电压的电压之和调整所述芯片的工作电压;或者,向所述PMIC发送电压调整请求,所述电压调整请求包括所述芯片当前的工作电压与所述老化补偿电压的电压之和,以使所述PMIC根据所述电压之和调整所述芯片的工作电压。

[0137] 其中,上述通过老化仿真得到的,多个电压调整时间分别与,各个电压调整时间的状态参数和老化补偿电压,之间的对应关系采用下述方式确定:

[0138] 在时间节点 $t_i$ ,根据所述芯片的不同的工作电压和工作温度,获取各工作电压和工作温度对应的所述芯片在所述时间节点 $t_i$ 至 $t_{i+1}$ 时间段内的饱和电流退化百分比;

[0139] 根据所述饱和电流退化百分比,对所述时间节点 $t_i$ 的工作电压进行修正,获得所述各工作电压和温度对应的所述时间节点 $t_{i+1}$ 时的老化补偿电压;

[0140] 其中,所述 $i$ 为大于等于0的整数,所述时间节点的个数大于或等于所述电压调整时间的个数,所述芯片在时间节点 $t_i$ 的工作电压为所述芯片在时间节点 $t_{i-1}$ 的工作电压与所述芯片在时间节点 $t_{i+1}$ 的工作电压和温度对应的所述时间节点 $t_i$ 时的老化补偿电压之和。

[0141] 进一步地,所述获取各工作电压和工作温度对应的所述芯片在所述时间节点 $t_i$ 至

$t_{i+1}$ 时间段内的饱和电流退化百分比,包括:

[0142] 获取所述芯片各 MOS 管在  $t_i$ 后仿真时间  $\Delta t$  内的漏源极电压和栅源极电压;

[0143] 根据所述  $t_i$ 时的工作温度、所述漏源极电压和热载流子注入 HCI 导致的 MOS 管的饱和电流退化模型,获得 HCI 导致的所述各 MOS 管在所述  $t_i$ 至  $t_{i+1}$ 时间内的第一饱和电流退化百分比;

[0144] 根据所述  $t_i$ 时的工作温度、所述栅源极电压和低压温度不稳定性 BTI 导致的 MOS 管的饱和电流退化模型,获得 BTI 导致的所述各 MOS 管在所述  $t_i$ 至  $t_{i+1}$ 时间内的第二饱和电流退化百分比;

[0145] 确定所述各 MOS 管在所述  $t_i$ 至  $t_{i+1}$ 时间段内的第一饱和电流退化百分比与第二饱和电流退化百分比之和为所述各 MOS 管在所述  $t_i$ 至  $t_{i+1}$ 时间段内的饱和电流退化百分比;

[0146] 所述根据所述饱和电流退化百分比,对所述时间节点  $t_i$ 的工作电压进行修正,获得所述各工作电压和温度对应的所述时间节点  $t_{i+1}$ 时的老化补偿电压,包括:

[0147] 获取所述芯片在所述  $t_i$ 后仿真时间  $\Delta t$  内的第一输出频率;

[0148] 根据所述各 MOS 管在所述  $t_i$ 至  $t_{i+1}$ 时间段内的饱和电流退化百分比,获得所述芯片在  $t_{i+1}$ 时的老化后的物理参数;

[0149] 采用所述老化后的物理参数对所述芯片进行模拟老化处理;

[0150] 将老化后的芯片在所述仿真时间  $\Delta t$  内以所述  $t_i$ 时的工作温度进行工作,获取所述老化后的芯片在所述仿真时间  $\Delta t$  内的第二输出频率;

[0151] 当所述第二输出频率等于所述第一输出频率时,获取所述老化后的芯片的工作电压,确定所述老化后的芯片的工作电压与所述  $t_i$ 时的工作电压的差值为  $t_{i+1}$ 时的老化补偿电压。

[0152] 本实施例的自适应电压调整芯片,可以用于执行本发明上述方法实施例的技术方案,其实现原理和技术效果类似,详细可以参见上述实施例中的记载,此处不再赘述。

[0153] 图 7 为本发明自适应电压调整芯片实施例三的结构示意图,如图 7 所示,本实施例的芯片可以包括:老化控制器 21 和 AVS 控制器 22,其中,老化控制器 21 用于在第一电压调整时间,获取芯片中与老化效应相关的状态参数,所述第一电压调整时间为所述芯片设置的多个电压调整时间中的一个;并根据所述状态参数,确定与所述第一电压调整时间对应的老化补偿电压。AVS 控制器 22 用于根据所述老化补偿电压对所述芯片的最低工作电压进行补偿,以便调整所述芯片的工作电压。

[0154] 本实施例的自适应电压调整芯片,可以用于执行本发明上述方法实施例的技术方案,其实现原理和技术效果类似,详细可以参见上述实施例中的记载,此处不再赘述。

[0155] 图 8 为本发明自适应电压调整芯片实施例四的结构示意图,如图 8 所示,本实施例的芯片在图 7 所示芯片结构的基础上,上述的老化控制器 21 还用于在第一电压调整时间,获取芯片中与老化效应相关的状态参数之前,根据所述芯片的生命周期划分所述多个电压调整时间。

[0156] 进一步地,所述老化控制器 21 具体用于采用每相邻两个电压调整时间的时间间隔逐渐递减的方式,划分所述多个电压调整时间;或者,采用等间隔的方式,划分所述多个电压调整时间;或者,根据所述芯片的老化效应曲线的斜率大小,划分所述多个电压调整时间。

[0157] 优选地,所述状态参数,包括:工作电压和工作温度。

[0158] 进一步地,本实施例的芯片还可以包括:存储介质 23,该存储介质 23 用于保存有通过老化仿真得到的,所述多个电压调整时间分别与,各个电压调整时间的状态参数和老化补偿电压,之间的对应关系。上述的老化控制器 21 具体用于根据所述状态参数,通过查询存储介质 23,获取与所述第一电压调整时间对应的老化补偿电压;或者,根据所述状态参数,通过老化计算,获取所述老化补偿电压。

[0159] 更进一步地,上述的 AVS 控制器 22 具体用于向 PMIC 发送电压调整请求,所述电压调整请求包括所述老化补偿电压,以使所述 PMIC 根据当前提供给芯片的供电电压与所述老化补偿电压的电压之和调整所述芯片的工作电压;或者,向所述 PMIC 发送电压调整请求,所述电压调整请求包括所述芯片当前的工作电压与所述老化补偿电压的电压之和,以使所述 PMIC 根据所述电压之和调整所述芯片的工作电压。

[0160] 其中,所述通过老化仿真得到的,多个电压调整时间分别与,各个电压调整时间的状态参数和老化补偿电压,之间的对应关系采用下述方式确定:

[0161] 在时间节点  $t_i$ ,根据所述芯片的不同的工作电压和工作温度,获取各工作电压和工作温度对应的所述芯片在所述时间节点  $t_i$ 至  $t_{i+1}$ 时间段内的饱和电流退化百分比;

[0162] 根据所述饱和电流退化百分比,对所述时间节点  $t_i$ 的工作电压进行修正,获得所述各工作电压和温度对应的所述时间节点  $t_{i+1}$ 时的老化补偿电压;

[0163] 其中,所述  $i$  为大于等于 0 的整数,所述时间节点的个数大于或等于所述电压调整时间的个数,所述芯片在时间节点  $t_i$ 的工作电压为所述芯片在时间节点  $t_{i-1}$ 的工作电压与所述芯片在时间节点  $t_{i-1}$ 的工作电压和温度对应的所述时间节点  $t_i$ 时的老化补偿电压之和。

[0164] 进一步地,所述获取各工作电压和工作温度对应的所述芯片在所述时间节点  $t_i$ 至  $t_{i+1}$ 时间段内的饱和电流退化百分比,包括:

[0165] 获取所述芯片各 MOS 管在  $t_i$ 后仿真时间  $\Delta t$  内的漏源极电压和栅源极电压;

[0166] 根据所述  $t_i$ 时的工作温度、所述漏源极电压和热载流子注入 HCI 导致的 MOS 管的饱和电流退化模型,获得 HCI 导致的所述各 MOS 管在所述  $t_i$ 至  $t_{i+1}$ 时间内的第一饱和电流退化百分比;

[0167] 根据所述  $t_i$ 时的工作温度、所述栅源极电压和低压温度不稳定性 BTI 导致的 MOS 管的饱和电流退化模型,获得 BTI 导致的所述各 MOS 管在所述  $t_i$ 至  $t_{i+1}$ 时间内的第二饱和电流退化百分比;

[0168] 确定所述各 MOS 管在所述  $t_i$ 至  $t_{i+1}$ 时间段内的第一饱和电流退化百分比与第二饱和电流退化百分比之和为所述各 MOS 管在所述  $t_i$ 至  $t_{i+1}$ 时间段内的饱和电流退化百分比;

[0169] 所述根据所述饱和电流退化百分比,对所述时间节点  $t_i$ 的工作电压进行修正,获得所述各工作电压和温度对应的所述时间节点  $t_{i+1}$ 时的老化补偿电压,包括:

[0170] 获取所述芯片在所述  $t_i$ 后仿真时间  $\Delta t$  内的第一输出频率;

[0171] 根据所述各 MOS 管在所述  $t_i$ 至  $t_{i+1}$ 时间段内的饱和电流退化百分比,获得所述芯片在  $t_{i+1}$ 时的老化后的物理参数;

[0172] 采用所述老化后的物理参数对所述芯片进行模拟老化处理;

[0173] 将老化后的芯片在所述仿真时间  $\Delta t$  内以所述  $t_i$ 时的工作温度进行工作,获取所

述老化后的芯片在所述仿真时间  $\Delta t$  内的第二输出频率；

[0174] 当所述第二输出频率等于所述第一输出频率时，获取所述老化后的芯片的工作电压，确定所述老化后的芯片的工作电压与所述  $t_i$  时的工作电压的差值为  $t_{i+1}$  时的老化补偿电压。

[0175] 本实施例的自适应电压调整芯片，可以用于执行本发明上述方法实施例的技术方案，其实现原理和技术效果类似，详细可以参见上述实施例中的记载，此处不再赘述。

[0176] 图 9 为本发明自适应电压调整芯片实施例五的结构示意图，如图 9 所示，本实施例提供的 AVS 芯片 30 可以为移动终端中的芯片，或者是机顶盒中的芯片，或者是路由器中的芯片，或者是基站设备中的芯片，本实施例在此不做限制。

[0177] 本实施例的 AVS 芯片 30 可以包括：处理器 (Processor) 31、通信接口 (Communications Interface) 32、存储器 (memory) 33、通信总线 34，其中，处理器 31、通信接口 32 和存储器 33 通过通信总线 34 完成各设备之间的通信，处理器 31 还可以通过通信接口 32 与外界设备通信，外界设备可以为 PMIC 或外界设备的处理器等。

[0178] 存储器 33 用于存放程序 332。存储器 33 可以包括非易失性存储器 (Non-volatile Memory)。

[0179] 处理器 31 用于执行程序 332，具体地，程序 332 可以包括程序代码。其中，处理器 31 可以是一个中央处理器 (Central Processing Unit, 简称为 CPU)，或者是特定集成电路 (Application Specific Integrated Circuit, 简称为 ASIC)，或者是被配置成实施本发明实施例的一个或多个集成电路。本实施例中的处理器 31 可以通过调用程序 332 执行下述操作：

[0180] 在第一电压调整时间，获取芯片中与老化效应相关的状态参数，所述第一电压调整时间为所述芯片设置的多个电压调整时间中的一个；根据所述状态参数，确定与所述第一电压调整时间对应的老化补偿电压；根据所述老化补偿电压对所述芯片的最低工作电压进行补偿，以便调整所述芯片的工作电压。

[0181] 进一步地，所述在第一电压调整时间，获取芯片中与老化效应相关的状态参数之前，还包括：根据所述芯片的生命周期划分所述多个电压调整时间。

[0182] 进一步地，所述根据所述芯片的生命周期划分所述多个电压调整时间，包括：采用每相邻两个电压调整时间的的时间间隔逐渐递减的方式，划分所述多个电压调整时间；或者，采用等间隔的方式，划分所述多个电压调整时间；或者，根据所述芯片的老化效应曲线的斜率大小，划分所述多个电压调整时间。

[0183] 优选地，所述状态参数，包括：工作电压和工作温度。

[0184] 进一步地，所述根据所述状态参数，确定与所述第一电压调整时间对应的老化补偿电压，包括：根据所述状态参数，通过查询存储介质，获取与所述第一电压调整时间对应的老化补偿电压，其中，所述存储介质保存有通过老化仿真得到的，所述多个电压调整时间分别与，各个电压调整时间的状态参数和老化补偿电压，之间的对应关系；或者，根据所述状态参数，通过老化计算，获取所述老化补偿电压。

[0185] 其中，所述通过老化仿真得到的，多个电压调整时间分别与，各个电压调整时间的状态参数和老化补偿电压，之间的对应关系采用下述方式确定：

[0186] 在时间节点  $t_i$ ，根据所述芯片的不同的工作电压和工作温度，获取各工作电压和

工作温度对应的所述芯片在所述时间节点  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的饱和电流退化百分比；根据所述饱和电流退化百分比，对所述时间节点  $t_i$  的工作电压进行修正，获得所述各工作电压和温度对应的所述时间节点  $t_{i+1}$  时的老化补偿电压；其中，所述  $i$  为大于等于 0 的整数，所述时间节点的个数大于或等于所述电压调整时间的个数，所述芯片在时间节点  $t_j$  的工作电压为所述芯片在时间节点  $t_{j-1}$  的工作电压与所述芯片在时间节点  $t_{j-1}$  的工作电压和温度对应的所述时间节点  $t_j$  时的老化补偿电压之和。

[0187] 进一步地，所述获取各工作电压和工作温度对应的所述芯片在所述时间节点  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的饱和电流退化百分比，包括：获取所述芯片各 MOS 管在  $t_i$  后仿真时间  $\Delta t$  内的漏源极电压和栅源极电压；根据所述  $t_i$  时的工作温度、所述漏源极电压和热载流子注入 HCI 导致的 MOS 管的饱和电流退化模型，获得 HCI 导致的所述各 MOS 管在所述  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间内的第一饱和电流退化百分比；根据所述  $t_i$  时的工作温度、所述栅源极电压和低压温度不稳定性 BTI 导致的 MOS 管的饱和电流退化模型，获得 BTI 导致的所述各 MOS 管在所述  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间内的第二饱和电流退化百分比；确定所述各 MOS 管在所述  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的第一饱和电流退化百分比与第二饱和电流退化百分比之和为所述各 MOS 管在所述  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的饱和电流退化百分比；

[0188] 所述根据所述饱和电流退化百分比，对所述时间节点  $t_i$  的工作电压进行修正，获得所述各工作电压和温度对应的所述时间节点  $t_{i+1}$  时的老化补偿电压，包括：获取所述芯片在所述  $t_i$  后仿真时间  $\Delta t$  内的第一输出频率；根据所述各 MOS 管在所述  $t_i$  至  $t_{i+1}$  时间段内的饱和电流退化百分比，获得所述芯片在  $t_{i+1}$  时的老化后的物理参数；采用所述老化后的物理参数对所述芯片进行模拟老化处理；将老化后的芯片在所述仿真时间  $\Delta t$  内以所述  $t_i$  时的工作温度进行工作，获取所述老化后的芯片在所述仿真时间  $\Delta t$  内的第二输出频率；当所述第二输出频率等于所述第一输出频率时，获取所述老化后的芯片的工作电压，确定所述老化后的芯片的工作电压与所述  $t_i$  时的工作电压的差值为  $t_{i+1}$  时的老化补偿电压。

[0189] 更进一步地，所述根据所述老化补偿电压对所述芯片的最低工作电压进行补偿，以便调整所述芯片的工作电压，包括：向电源管理电路 PMIC 发送电压调整请求，所述电压调整请求包括所述老化补偿电压，以使所述 PMIC 根据当前提供给芯片的供电电压与所述老化补偿电压的电压之和调整所述芯片的工作电压；或者，向所述 PMIC 发送电压调整请求，所述电压调整请求包括所述芯片当前的工作电压与所述老化补偿电压的电压之和，以使所述 PMIC 根据所述电压之和调整所述芯片的工作电压。

[0190] 需要说明的是，处理器 31 通过调用程序 332 具体实现的技术方案可以参见本发明上述方法实施例，其实现原理和技术效果类似，在此不再赘述。

[0191] 图 10 为本发明自适应电压调整系统实施例一的结构示意图，如图 10 所示，本实施例的系统包括：AVS 芯片 40 和 PMIC50，其中，AVS 芯片 40 可以采用图 5～图 8 任一 AVS 芯片实施例的结构，其对应地，可以执行本发明上述方法实施例的技术方案，其实现原理和技术效果类似，此处不再赘述。

[0192] 图 11 为本发明自适应电压调整系统实施例二的结构示意图，如图 11 所示，本实施例的 AVS 系统可以包括 AVS 芯片 30 和 PMIC60，其中，AVS 芯片 30 为图 9 所示的 AVS 芯片 30，具体可以参见图 9 所示实施例，AVS 芯片 30 通过通信接口 32 与 PMIC60 进行通信。当 AVS 芯片 30 在第一电压调整时间获取到该第一电压调整时间对应的老化补偿电压后，向

PMIC60 发送 AVS 控制电压,该 AVS 控制电压中包括有老化补偿电压,PMIC60 根据所接收到 AVS 控制电压,从而可以对 AVS 芯片 30 的最低工作电压进行补偿,然后根据补偿后的最低工作电压调整提供给 AVS 芯片 30 的供电电压,从而使得 AVS 芯片 30 在该调整后的供电电压下进行工作。

[0193] 本领域普通技术人员可以理解:实现上述各方法实施例的全部或部分步骤可以通过程序指令相关的硬件来完成。前述的程序可以存储于一计算机可读取存储介质中。该程序在执行时,执行包括上述各方法实施例的步骤;而前述的存储介质包括:ROM、RAM、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0194] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。



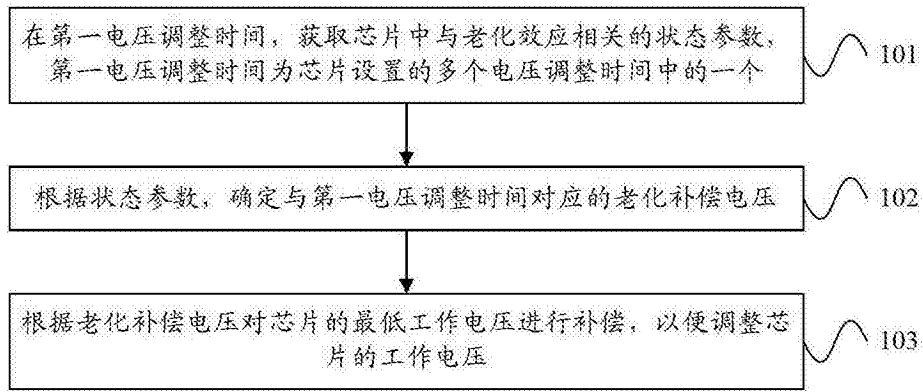


图 1

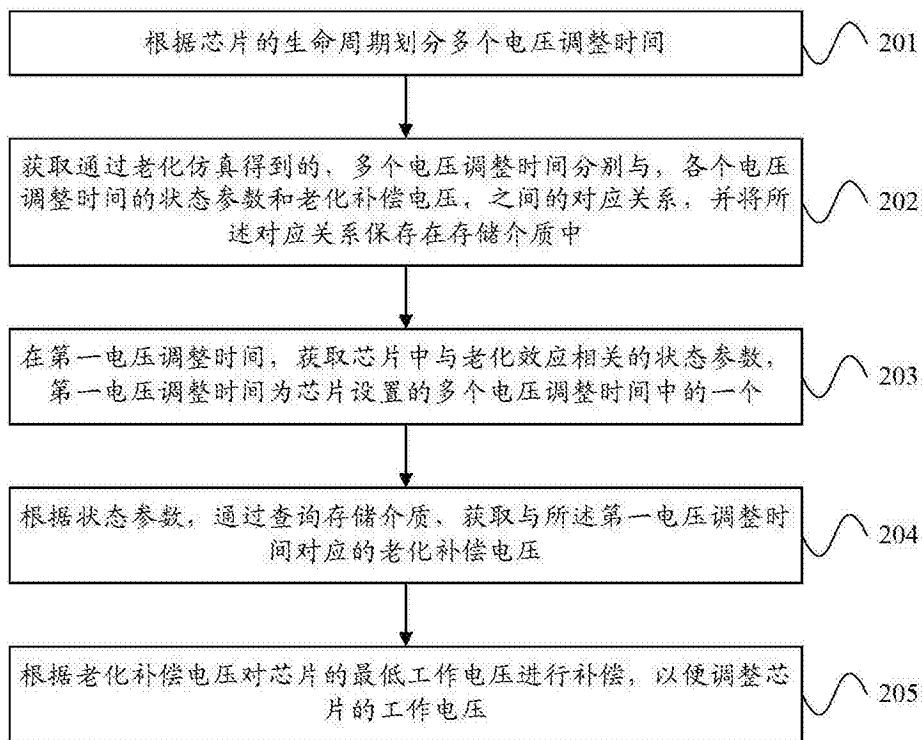


图 2

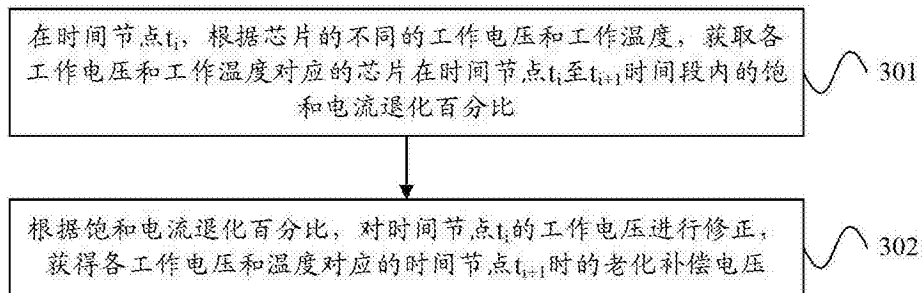


图 3

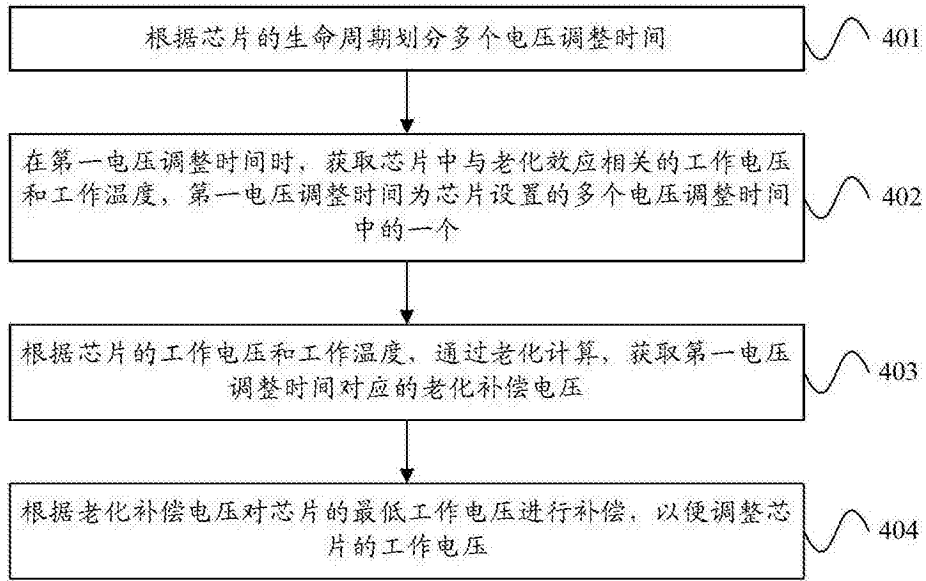


图 4

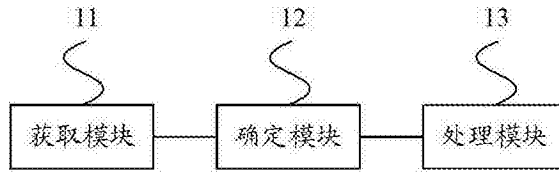


图 5

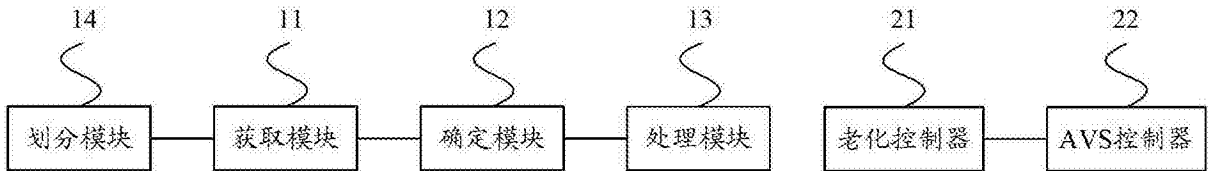


图 6

图 7



图 8

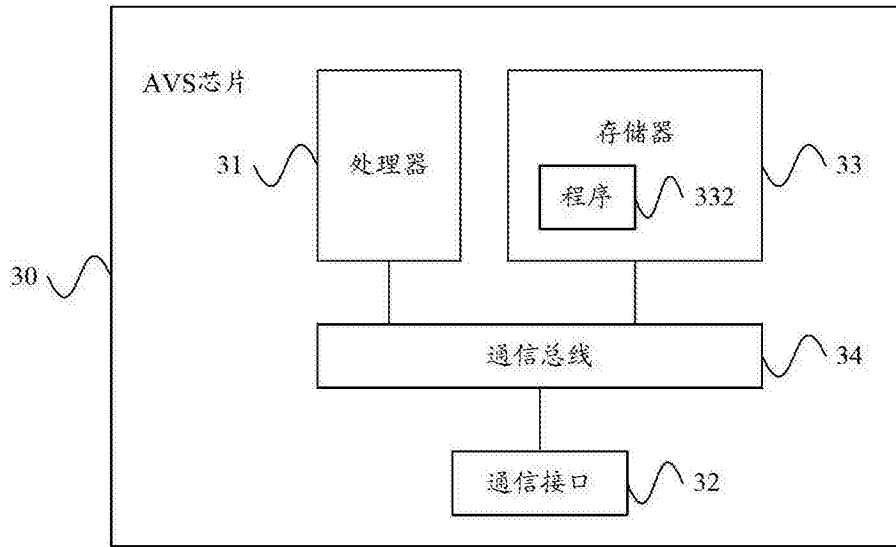


图 9

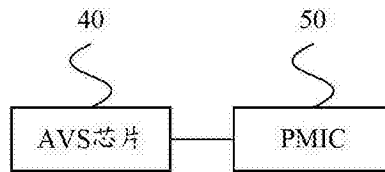


图 10

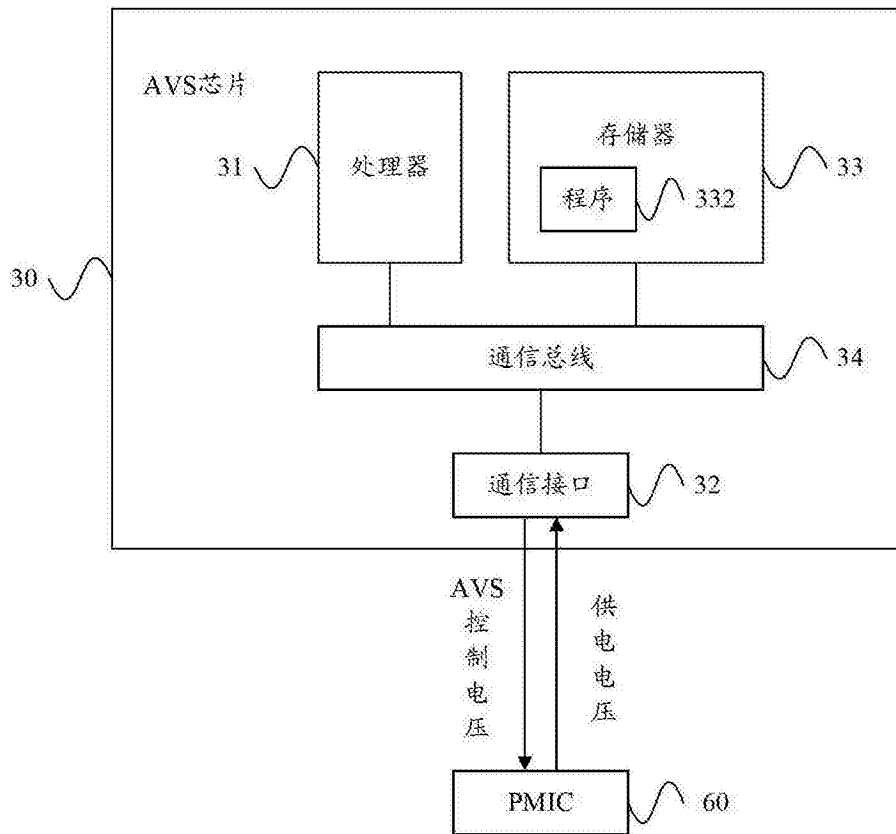


图 11