



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101578748 B

(45) 授权公告日 2012. 09. 26

(21) 申请号 200780042337. 7

(22) 申请日 2007. 10. 16

(30) 优先权数据

11/559, 790 2006. 11. 14 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 05. 14

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/081552 2007. 10. 16

(87) PCT申请的公布数据

W02008/060797 EN 2008. 07. 31

(73) 专利权人 先进模拟科技公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 约翰·赫浩·苏 大卫·艾伦·布朗

(74) 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理

有限责任公司 11258

代理人 宋鹤 南霆

(51) Int. Cl.

H02J 7/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 6144187 A, 2000. 11. 07,

CN 1540362 A, 2004. 10. 27,

CN 1688075 A, 2005. 10. 26,

US 6144187 A, 2000. 11. 07,

审查员 马姗姗

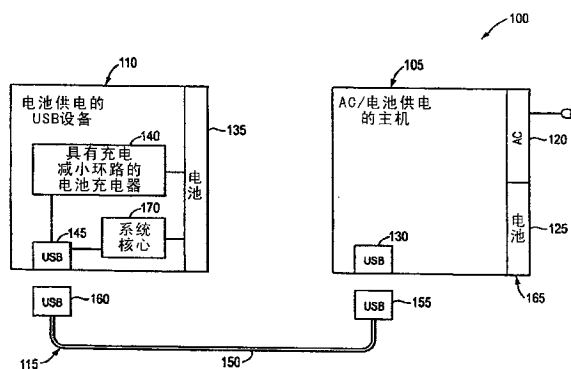
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 8 页

(54) 发明名称

具有数字充电减小环路的电池充电器装置

(57) 摘要

一种用于为电池充电的电池充电器装置,包括:充电电流控制电路,用于接收充电电流控制信号,该充电电流控制信号用于控制从输入源汲取的充电电流的量;模拟控制电路,用于生成表示用于为电池充电的充电电流的最大量的模拟控制信号;数字充电减小环路,包括基于输入源的源电压来确定充电电流调节信号的电路,基于充电电流调节信号来生成数字计数值的计数器,以及基于计数器的数字计数值来生成控制信号的模数转换器,该控制信号表示将用于为电池充电的充电电流的减小了的量;以及切换机构,其基于源电压来选择模拟控制信号或该控制信号之一,所选择的控制信号被用作去往充电电流控制电路的充电电流控制信号。



1. 一种用于为电池充电的电池充电器,包括:

充电电流控制电路,用于接收充电电流控制信号,该充电电流控制信号用于控制从输入源汲取的充电电流的量;

模拟控制电路,用于生成表示用于为电池充电的充电电流的最大量的模拟控制信号;

数字充电减小环路,包括

用于基于所述输入源的源电压来确定充电电流调节信号的电路,

计数器,用于基于所述充电电流调节信号来生成数字计数值,以及

模数转换器 DAC,用于基于所述计数器的数字计数值来生成 DAC 控制信号,所述 DAC 控制信号表示减小后的将用于为所述电池充电的充电电流的量;以及

切换机构,用于基于所述源电压来选择所述模拟控制信号或所述 DAC 控制信号之一,所选择的控制信号被用作去往所述充电电流控制电路的充电电流控制信号。

2. 如权利要求 1 所述的电池充电器,其中,所述充电电流控制电路可操作以用于将所述充电电流限制到所述电池能够处理的最大充电电流。

3. 如权利要求 1 所述的电池充电器,其中,用于确定所述充电电流调节信号的电路包括

第一比较器,用于将基于所述源电压的第一电压与基准电压相比较以生成第一比较器输出信号,该第一比较器输出信号用于控制所述计数器;以及

第二比较器,用于将基于所述源电压的第二电压与所述基准电压相比较以生成第二比较器输出信号,该第二比较器输出信号用于控制所述切换机构。

4. 如权利要求 3 所述的电池充电器,其中,所述计数器可操作以用于在所述第一比较器输出信号为逻辑高值时上行计数。

5. 如权利要求 4 所述的电池充电器,其中,所述计数器可操作以用于在所述第一比较器输出信号为逻辑低值时下行计数。

6. 如权利要求 3 所述的电池充电器,其中,当所述第二比较器输出信号为逻辑低值时,所述切换机构可操作以用于选择所述 DAC 控制信号作为所述充电电流控制信号并且所述计数器可操作以用于重置到预定的数字值。

7. 如权利要求 1 所述的电池充电器,其中,所述切换机构可操作以用于在所述计数器的数字计数值为预定数字值时选择所述模拟控制信号。

8. 如权利要求 1 所述的电池充电器,其中,所述数字充电减小环路还包括用于生成时钟信号的时钟振荡器,其中,所述计数器可操作以用于与所述时钟信号协调地修改所述数字计数值。

9. 如权利要求 1 所述的电池充电器,其中,用于确定所述充电电流调节信号的电路包括比较器,用于将基于所述源电压的第一电压与基准电压相比较以生成比较器控制信号,该比较器控制信号用于控制所述计数器和所述切换机构。

10. 如权利要求 9 所述的电池充电器,其中,所述计数器可操作以用于在所述比较器控制信号为逻辑高值时上行计数。

11. 如权利要求 10 所述的电池充电器,其中,所述计数器可操作以用于在所述比较器控制信号为逻辑低值时下行计数。

12. 如权利要求 9 所述的电池充电器,其中,当所述比较器输出信号为逻辑低值并且所

述数字计数值为预定数字值时,所述切换机构可操作以用于选择所述 DAC 控制信号作为所述充电电流控制信号并且所述计数器可操作以用于重置。

13. 如权利要求 9 所述的电池充电器,其中,所述切换机构可操作以用于在所述数字计数值为预定数字值时选择所述模拟控制信号作为所述充电电流控制信号。

14. 如权利要求 1 所述的电池充电器,其中,所述切换机构包括

RS 触发器,用于在所述源电压低于跳脱电压阈值时接收重置信号,并且用于在所述数字计数值为预定数字值时接收置位信号,所述 RS 触发器可操作以用于生成 RS 输出信号;以及

复用器,用于基于所述 RS 输出信号来选择所述模拟控制信号或所述 DAC 控制信号之一。

15. 如权利要求 1 所述的电池充电器,其中,所述输入源是 USB 端口。

16. 如权利要求 1 所述的电池充电器,其中,所述输入源是线路适配器。

17. 一种为电池充电的方法,包括:

生成表示用于为电池充电的充电电流的最大量的第一模拟控制信号;

基于输入源的源电压来确定充电电流调节信号;

基于所述充电电流调节信号来生成数字计数值;

基于计数器的数字计数值来生成第二模拟控制信号,所述第二模拟控制信号表示减小后的将用于为所述电池充电的充电电流的量;以及

基于所述源电压来选择所述第一模拟控制信号或所述第二模拟控制信号之一以用作去往充电电流控制电路的充电电流控制信号。

18. 如权利要求 17 所述的方法,还包括将所述充电电流限制到所述电池能够处理的最大充电电流。

19. 如权利要求 17 所述的方法,其中,确定所述充电电流调节信号的步骤包括

将基于所述源电压的第一电压与基准电压相比较以生成第一比较器输出信号,该第一比较器输出信号用于控制生成所述数字计数值的步骤;以及

将基于所述源电压的第二电压与所述基准电压相比较以生成第二比较器输出信号,该第二比较器输出信号用于控制所述选择步骤。

20. 如权利要求 19 所述的方法,其中,生成所述数字计数值的步骤包括在所述第一比较器输出信号为逻辑高值时增大所述数字计数值。

21. 如权利要求 20 所述的方法,其中,生成所述数字计数值的步骤包括在所述第一比较器输出信号为逻辑低值时减小所述数字计数值。

22. 如权利要求 19 所述的方法,其中,当所述第二比较器输出信号为逻辑低值时,所述选择步骤包括选择所述第二模拟控制信号作为所述充电电流控制信号,并且所述方法还包括将所述数字计数值重置到预定的数字值。

23. 如权利要求 17 所述的方法,其中,所述选择步骤包括在所述计数器的数字计数值为预定数字值时选择所述第一模拟控制信号。

24. 如权利要求 17 所述的方法,还包括生成时钟信号,并且其中,所述生成数字计数值的步骤包括与所述时钟信号协调地修改所述数字计数值。

25. 如权利要求 17 所述的方法,其中,确定所述充电电流调节信号的步骤包括将基于

所述源电压的第一电压与基准电压相比较以生成比较器控制信号,该比较器控制信号用于控制生成所述数字计数值的步骤和所述选择步骤。

26. 如权利要求 25 所述的方法,其中,生成所述数字计数值的步骤包括在所述比较器控制信号为逻辑高值时上行计数。

27. 如权利要求 26 所述的方法,其中,生成所述数字计数值的步骤包括在所述比较器控制信号为逻辑低值时下行计数。

28. 如权利要求 25 所述的方法,其中,当所述比较器输出信号为逻辑低值并且所述数字计数值为预定数字值时,所述选择步骤包括选择所述第二模拟控制信号作为所述充电电流控制信号,并且所述方法还包括重置所述数字计数值。

29. 如权利要求 25 所述的方法,其中,所述选择步骤包括在所述数字计数值为预定数字值时选择所述第一模拟控制信号作为所述充电电流控制信号。

30. 如权利要求 17 所述的方法,还包括

在所述源电压低于跳脱电压阈值时接收重置信号;

在所述数字计数值为预定数字值时接收置位信号;以及

基于接收到的信号生成 RS 输出信号;

其中,所述选择步骤包括基于所述 RS 输出信号来选择所述第一模拟控制信号或所述第二模拟控制信号之一。

31. 如权利要求 17 所述的方法,其中,所述输入源是 USB 端口。

32. 如权利要求 17 所述的方法,其中,所述输入源是线路适配器。

具有数字充电减小环路的电池充电器装置

[0001] 著作权公告

[0002] 本专利文献的一部分公开包含受著作权保护的素材。著作权所有人不反对任何人对出现在专利商标局专利文件或记录中的本专利文献或专利公开进行复制再现,但除此之外保留一切著作权权利。

技术领域

[0003] 本发明一般地涉及电池充电器,更具体而言提供了具有数字充电减小环路(digital charge reduction loop)的电池充电器装置。

背景技术

[0004] 近年来,通用串行总线(USB)已经成为最广泛使用的用来互连电子设备的技术之一。USB本来是用于互连计算机和标准外围设备(例如,打印机、盘驱动器等等)的,但已经发展为支持很多种便携式USB设备(例如,蜂窝电话、个人数字助理、相机、个人音乐播放器,等等)。

[0005] USB设备经由USB端口连接到USB主机(例如,PC、膝上型电脑、平板PC,等等)。一般来说,一个USB主机可以支持最多七个USB设备。在需要多于七个USB设备的情况下,可使用USB集线器。每个USB集线器可与其自己的那组七个USB设备(或者集线器,如果需要的话)相连。USB主机、USB集线器和USB设备之间的USB连接使得诸如名称、电话号码、日历、照片、音乐等等之类的数据可在USB主机和USB设备之间流动。

[0006] 一般来说,USB连接具有通常称为 V_{BUS} 的DC电源线、地线、以及通常称为D+和D-的双绞数据线对。根据USB 2.0标准,有效的USB主机应当提供5伏特并且提供不大于500毫安的电流。另外,USB端口还应当提供电流极限保护,该电流极限最高可被设置为5.0安培,最低可被设置为100毫安。但是,并非所有USB端口都遵守USB标准。另外,USB主机具有不同类型的端口,包括AC供电的端口(例如,在主机PC和被供电的集线器中)、未被供电的端口(例如,在利用电池电力工作的笔记本电脑中)、无源端口(例如,在无源集线器中),等等。每种端口类型具有一种不同的电力输送能力。例如,AC供电的端口可供应5伏特和500毫安的电流或者更多。未被供电的(由电池供电的)端口可供应5伏特,但可与USB主机上的其他USB端口共享500毫安的电流。因此,未被供电的端口通常供应小于500毫安的电流。无源端口可供应5伏特和仅100毫安电流。

[0007] 典型的USB设备具有用于供应工作电力的可再充电的锂离子/聚合物电池,以及用于对电池再充电的控制系统。根据USB标准,USB设备可从USB端口的电力线取得电力,以操作其系统核心并且为其电池再充电。具有电池充电器的USB设备通常包括一个装置,用于调控充电电流,以防止充电过程汲取过量电流而使得USB设备的其余部分缺乏电流。充电电流调控通常是通过利用两个电流感测电阻器监视去往电池的充电电流和去往系统核心的负载电流来实现的。虽然该机制有效,但却是有缺陷的。缺陷之一在于,电池充电器仅能从两种充电电流之一中作出选择,即500毫安或100毫安。在100毫安下,对于800毫

安电池,电池充电可能要花费 8-10 小时。用户可能恼怒并将 USB 设备和 / 或 USB 充电器作为故障品退回。另外,当 USB 主机或集线器能够提供大于 100 毫安但小于 500 毫安的电流时,传统的充电电流调控就好像不存在额外能力一样工作。因此,传统的充电电流调控不必要地减慢了充电过程。

[0008] 需要一种系统和方法,用于促进对用来为电池供电的 USB 设备充电的 USB 潜能的更有效使用。

[0009] 对于典型的 AC 适配器电源也存在类似的问题。使用可再充电电池的电子设备通常具有设定为支持该电子设备的充电电流需求的 AC 电源适配器。但是,一些电子设备未被提供有电源适配器,并且在许多情况下,使用第三方电源适配器。在电子设备上使用未经认可的电源适配器存在这样的危险:即,因为汲取过量充电电流而使设备的系统核心缺乏电流。因此,当结合电池充电器工作时,USB 端口和 AC 电源适配器能力必须确保电池充电过程不会使系统操作缺乏电流。

发明内容

[0010] 根据一个实施例,本发明提供了一种用于为电池充电的电池充电器装置,包括:充电电流控制电路,用于接收充电电流控制信号,该充电电流控制信号用于控制从输入源(例如,USB 端口或线路适配器)汲取的充电电流的量;模拟控制电路,用于生成表示用于为电池充电的充电电流的最大量的模拟控制信号;数字充电减小环路,包括用于基于输入源的源电压来确定充电电流调节信号的电路,用于基于充电电流调节信号来生成数字计数值的计数器,以及用于基于计数器的数字计数值来生成 DAC 控制信号的模数转换器(DAC),DAC 控制信号表示将用于为电池充电的充电电流的减小了的量;以及切换机构,用于基于源电压来选择模拟控制信号或 DAC 控制信号之一,所选择的控制信号被用作去往充电电流控制电路的充电电流控制信号。

[0011] 充电电流控制电路可将充电电流限制到电池能够处理的最大充电电流。用于确定充电电流调节信号的电路可包括:第一比较器,用于将基于源电压的第一电压与基准电压相比较以生成第一比较器输出信号,该第一比较器输出信号用于控制计数器;以及第二比较器,用于将基于源电压的第二电压与基准电压相比较以生成第二比较器输出信号,该第二比较器输出信号用于控制切换机构。计数器可在第一比较器输出信号为逻辑高值时上行计数。计数器可在第一比较器输出信号为逻辑低值时下行计数。当第二比较器输出信号为逻辑低值时,切换机构可选择 DAC 控制信号作为充电电流控制信号并且计数器可重置到预定的数字值。切换机构可在计数器的数字计数值为预定数字值时选择模拟控制信号。数字充电减小环路还可包括用于生成时钟信号的时钟振荡器,并且计数器可与时钟信号协调地修改数字计数值。用于确定充电电流调节信号的电路可包括比较器,用于将基于源电压的第一电压与基准电压相比较以生成比较器控制信号,该比较器控制信号用于控制计数器和切换机构。计数器可在比较器控制信号为逻辑高值时上行计数。计数器可在比较器控制信号为逻辑低值时下行计数。当比较器输出信号为逻辑低值并且数字计数值为预定数字值时,切换机构可选择 DAC 控制信号作为充电电流控制信号并且计数器可重置。切换机构可在数字计数值为预定数字值时选择模拟控制信号作为充电电流控制信号。切换机构可包括:RS 触发器,用于在源电压低于跳脱电压阈值时接收重置信号,并且用于在数字计数值

为预定数字值时接收置位信号,RS 触发器生成 RS 输出信号;以及复用器,用于基于 RS 输出信号来选择模拟控制信号或 DAC 控制信号之一。

[0012] 根据另一个实施例,本发明提供了一种为电池充电的方法,包括:生成表示用于为电池充电的充电电流的最大量的第一模拟控制信号;基于输入源(例如,USB 端口或线路适配器)的源电压来确定充电电流调节信号;基于充电电流调节信号来生成数字计数值;基于计数器的数字计数值来生成第二模拟控制信号,第二模拟控制信号表示将用于为电池充电的充电电流的减小了的量;以及基于源电压来选择第一模拟控制信号或第二模拟控制信号之一以用作去往充电电流控制电路的充电电流控制信号。

[0013] 该方法还可包括将充电电流限制到电池能够处理的最大充电电流。确定充电电流调节信号的步骤可包括:将基于源电压的第一电压与基准电压相比较以生成第一比较器输出信号,该第一比较器输出信号用于控制生成数字计数值的步骤;以及将基于源电压的第二电压与基准电压相比较以生成第二比较器输出信号,该第二比较器输出信号用于控制选择步骤。生成数字计数值的步骤可包括在第一比较器输出信号为逻辑高值时增大数字计数值。生成数字计数值的步骤可包括在第一比较器输出信号为逻辑低值时减小数字计数值。当第二比较器输出信号为逻辑低值时,选择步骤可包括选择 DAC 控制信号作为充电电流控制信号并且该方法还可包括将数字计数值重置到预定的数字值。选择步骤可包括在计数器的数字计数值为预定数字值时选择模拟控制信号。该方法还可包括生成时钟信号,并且选择步骤可包括与时钟信号协调地修改数字计数值。确定充电电流调节信号的步骤可包括将基于源电压的第一电压与基准电压相比较以生成比较器控制信号,该比较器控制信号用于控制生成数字计数值的步骤和选择步骤。生成数字计数值的步骤可包括在比较器控制信号为逻辑高值时上行计数。生成数字计数值的步骤包括在比较器控制信号为逻辑低值时下行计数。当比较器输出信号为逻辑低值并且数字计数值为预定数字值时,选择步骤可包括选择 DAC 控制信号作为充电电流控制信号并且该方法还可包括重置数字计数值。选择步骤可包括在数字计数值为预定数字值时选择模拟控制信号作为充电电流控制信号。该方法还可包括:在源电压低于跳脱电压阈值时接收重置信号;在数字计数值为预定数字值时接收置位信号;以及基于接收到的信号生成 RS 输出信号;其中,选择步骤包括基于 RS 输出信号来选择模拟控制信号或 DAC 控制信号之一。

[0014] 根据另一个实施例,本发明提供了一种电池充电器中的数字充电减小环路,包括:用于基于输入源的源电压来确定充电电流调节信号的电路;计数器,用于基于充电电流调节信号来生成数字计数值;以及模数转换器(DAC),用于基于计数器的数字计数值来生成 DAC 控制信号,该 DAC 控制信号表示将用于为电池充电的充电电流的量。

[0015] 根据另一个实施例,本发明提供了一种电池充电器中的数字充电减小环路,包括:用于基于输入源的源电压来确定充电电流调节信号的装置;用于基于充电电流调节信号来生成数字计数值的装置;以及用于基于数字计数值来生成 DAC 控制信号的装置,该 DAC 控制信号表示将用于为电池充电的充电电流的量。

附图说明

[0016] 图 1 是根据本发明实施例的 USB 主机和 USB 设备的电池充电系统的电路图。

[0017] 图 2 是示出根据本发明实施例的具有数字充电减小环路的电池充电器的细节的

电路图。

[0018] 图 3 示出了根据本发明实施例的图 2 的电池充电器在工作中的电压 / 时间图。

[0019] 图 4A-D 示出了根据本发明实施例的图 2 的电池充电器在工作中的电压 / 时间和电流 / 时间图。

[0020] 图 5 示出了根据本发明实施例的具有数字充电减小环路的电池充电器的细节的电路图。

[0021] 图 6A-D 示出了管理来自线路适配器的充电电流的数字充电减小环路的电压 / 时间和电流 / 时间图, 该线路适配器能够供应比典型 USB 端口更大量的电流。

具体实施方式

[0022] 提供以下描述是为了使本领域的技术人员能够作出和使用本发明, 并且这些描述是在特定应用及其要求的上下文中给出的。本领域的技术人员可对实施例进行各种修改, 并且这里限定的一般原理可被应用到这些和其他实施例和应用, 而不脱离本发明的精神和范围。因此, 本发明并不限于所示出的实施例, 而是应当具有与这里公开的原理、特征和教导相符的最宽范围。

[0023] 这里通过引用并入发明人为 K. Shum、申请日为 2004 年 8 月 11 日、题为“USB Battery Charger”、申请号为 11/916, 339、公开号为 2006/0033474 的美国申请公开。

[0024] 图 1 是根据本发明实施例的具有 USB 主机 105 和电池供电的 USB 设备 110 的电池充电系统的电路图。USB 主机 105 可直接或经由 USB 线缆 115 耦合到 USB 设备 110。当 USB 主机 105 和 USB 设备 110 互连时, USB 主机 105 和 USB 设备 110 可交换数据, 并且 / 或者 USB 主机 105 可为 USB 设备 110 的电池充电。

[0025] USB 主机 105 可包括桌面计算机、笔记本计算机、平板 PC, 等等。USB 主机 105 包括电源 165。当 USB 主机 105 是桌面计算机时, 电源 165 可包括 AC 电源 120 (以及相应的电路)。当 USB 主机 105 是笔记本电脑、平板 PC 或其他便携式计算机系统时, 电源 165 可包括 AC 电源 120 和电池 125 两者 (以及相应的电路), 从而在 USB 主机 105 连接到 AC 插座 (未示出) 时 AC 电源 120 为 USB 主机 105 供电, 而在 USB 主机 105 未连接到 AC 插座时电池 125 为 USB 主机 105 供电。USB 主机 105 还包括一个或多个 USB 端口 130 (未示出), 其中每一个能够直接地或者经由 USB 线缆 150 连接到 USB 设备 110。电源 165 为 USB 端口 130 供电。

[0026] USB 设备 110 可包括蜂窝电话、个人数字助理 (PDA)、个人音乐播放器、相机, 等等。USB 设备 110 包括可再充电的电池 135 (例如, 锂离子电池) 和耦合到电池 135 的电池充电器 140 (具有数字充电减小环路)。USB 设备 110 包括 USB 端口 145, 该 USB 端口 145 耦合到电池充电器 140 和 USB 设备 110 的系统核心 170。系统核心 170 包括 (一个或多个) 微处理器、电路、存储器、存储设备等等, 用于操作 USB 设备 110 (例如, 蜂窝电话、PDA、个人音乐播放器、相机, 等等) 的核心功能。

[0027] 当 USB 设备 110 未连接到 USB 主机 105 时, USB 设备 110 的系统核心 170 由其内部电池 135 供电。但是, 当 USB 设备 110 连接到 USB 主机 105 时, 系统核心 170 可完全或部分地由从 USB 主机 105 经由 USB 端口 145 的电力线提供来的电力来供电。另外, 电池充电器 140 可从 USB 端口 145 的电力线汲取电力, 以为电池 135 充电。在一个实施例中, 电池充电器 140 可操作以用于在不使系统核心 170 缺乏电流的情况下仅从 USB 端口 145 取得尽可能

多的电流。如果系统核心 170 非活动,则电池充电器 140 取得 USB 端口 145 能够供应的和 / 或电池充电器 140 在不损坏的情况下能够接受的最大可能充电电流,例如 500 毫安。如果系统核心 170 活动并且正在汲取负载电流,则电池充电器 140 使用可用电流的剩余部分和 / 或电池充电器 140 能够接受的电流。例如,如果系统核心 170 需要 200 毫安的负载电流,则电池充电器 140 取得最多能够提供 500 毫安电流的 USB 端口 130 的剩余 300 毫安。具有数字充电减小环路的第一示例性电池充电器 140' 在图 2 中示出。具有数字充电减小环路的第二示例性电池充电器 140'' 在图 5 中示出。

[0028] 一般来说,电池充电器 140 利用以下事实,即电路取走的电流大于从输入源可得到的电流时,源电压下降。根据 USB 2.0 标准,USB 端口可能下降到低至 4.4 伏特,从而 USB 设备 110 必须能够在小至 4.4 伏特的输入电压下工作。根据一个实施例,电池充电器 140 最初汲取最大充电电流。如果 USB 端口 130 的电压下降到低于跳脱电压 (trip voltage) 阈值,例如 4.4 伏特,则电池充电器 140 只汲取最小充电电流,直到源电压返回到高于安全电压阈值例如 4.5 伏特为止。然后,电池充电器 140 逐步增大它从 USB 端口 145 汲取的充电电流 (例如,按预定安培值的步长),并且监视 USB 端口 145 的源电压,直到源电压下降到低于安全电压阈值为止。当源电压下降到低于安全电压阈值时,电池充电器 140 逐步减小其汲取的充电电流,直到源电压上升到高于安全电压阈值 (或者达到最大充电电流) 为止。电池充电器 140 继续监视源电压,并且重复对充电电流的逐步增大和逐步减小,从而使得充电电流在给定时刻可能的最大充电电流左右振荡。如果在任何时刻负载电流变化,电池充电器 140 则遵循以上协议。

[0029] 例如,假定 USB 端口 130 能够供应最大 500 毫安的电流。如果系统核心 170 不汲取负载电流,则电池充电器 140 汲取所有的 500 毫安来作为给电池 135 充电的充电电流。如果系统核心 170 汲取 200 毫安的负载电流,则电池充电器 140 注意到 USB 端口 145 处的电压下降到低于跳脱电压阈值。电池充电器 140 作为响应下降到最小充电电流,直到源电压返回到高于安全电压阈值为止。电池充电器 140 逐步增大充电电流,直到源电压下降到低于安全电压阈值为止。然后,电池充电器 140 逐步减小充电电流,并且源电压上升到高于安全电压阈值。因此,源电压稳定在安全电压阈值上 (在安全电压阈值左右振荡),并且充电电流稳定在可能的最大充电电流上 (在可能的最大充电电流左右振荡)。如果 USB 端口 130 能够供应 500 毫安并且负载电流约为 200 毫安,则充电电流将稳定在 300 毫安 (在 300 毫安左右振荡)。

[0030] 图 2 是示出根据本发明实施例的具有数字充电减小环路 200 的电池充电器 140' 的细节的电路图。电池充电器 140' 是图 1 的电池充电器 140 的示例性实施例。电池充电器 140' 包括耦合到输入源 245 (例如,USB 端口 145 的 V_{BUS}) 的数字充电减小环路 200、模拟充电电流控制电路 240、耦合到数字充电减小环路 200 和模拟充电电流控制电路 240 的复用器 225、以及耦合到输入源 245 和复用器 225 的充电电流限制 / 控制电路 230。

[0031] 一般来说,模拟充电电流控制电路 240 在可从输入源 245 得到最大充电电流的正常模式期间工作。模拟充电电流控制电路 240 可包括预定电压信号、可修改电压信号或其他模拟控制信号生成电路。数字充电减小环路 200 在可从输入源 245 得到的电流小于最大充电电流的充电电流减小模式期间工作。复用器 225 进行操作以选择模拟充电电流控制电路 240 或数字充电减小环路 200 之一来作为控制充电电流限制 / 控制电路 230 的充电电流

控制电路。充电电流限制 / 控制电路 230 进行操作以基于它从复用器 225 接收的控制信号从输入源 245 汲取充电电流到电池 135, 但是该充电电流限于电池 135 在没有损坏危险的情况下能够接受的最大充电电流, 例如 1A。充电电流限制 / 控制电路 230 可包括门控 MOS, 例如 PMOS 或 NMOS 电路。

[0032] 数字充电减小环路 200 包括耦合到输入源 245 的源电压分析电路 202、耦合到源电压分析电路 205 的上行 / 下行计数器 210 (例如, 移位器)、耦合到上行 / 下行计数器 210 和复用器 225 的数模转换器 (DAC) 220、耦合到源电压分析电路 205、上行 / 下行计数器 210 和复用器 225 的 RS 触发器 215、以及耦合到上行 / 下行计数器 210 的时钟振荡器 235。

[0033] 源电压分析电路 205 监视输入源 245 的源电压。如果输入源 245 上的电流需求导致源电压下降到低于跳脱电压阈值, 则复用器 225 选择数字充电减小环路 200 来控制充电电流。实质上, 当源电压下降到低于跳脱电压阈值时, 源电压分析电路 205 重置 RS 触发器 215, 这使得复用器 225 选择数字充电减小环路 200 来控制充电电流限制 / 控制电路 230。

[0034] 在被选为充电电流控制电路后, 数字充电减小环路 200 将充电电流减小到预定的最小值, 从而使得输入源 245 处的源电压可以恢复到高于安全电压阈值的点 (在此情况下是在节点 V_1 处测量的, 但也可在任何节点处测量)。一旦恢复了, 数字充电减小环路 200 就逐步增大充电电流, 直到源电压下降到低于安全电压阈值为止。此时, 数字充电减小环路 200 逐步减小充电电流, 从而使得源电压可以再次上升。以重复的方式, 数字充电减小环路 200 识别“稳态”充电电流, 在该“稳态”充电电流下, 输入源 245 没有过载, 并且电池 135 被用可得到的最大充电电流来充电。

[0035] 如果输入源 245 的能力增大或者负载电流需求减小, 上行 / 下行计数器 210 可能最终达到最大计数 (b_n)。当达到最大计数时, 上行 / 下行计数器 210 发送 END 信号来使 RS 触发器 215 置位, 这使得复用器 225 将充电电流的控制返回给模拟控制电路 240。

[0036] 在此实施例中, 源电压分析电路 205 包括分别串联耦合在输入源 245 和地之间的三个电阻器 R_1 、 R_2 、 R_3 。第一比较器 A 耦合到电阻器 R_1 和 R_2 之间的节点 V_1 , 并且耦合到基准电压 V_{REF} , 例如 2.0V (或其他电压)。第二比较器 B 耦合到电阻器 R_2 和 R_3 之间的节点 V_0 并且耦合到基准电压 V_{REF} 。三个电阻器 R_1 、 R_2 和 R_3 以及基准电压 V_{REF} 设置了电压阈值, 即跳脱电压阈值和安全电压阈值。在节点 V_0 处测量的跳脱电压阈值 (数字充电减小环路 200 使能) 被设置为 1.98V, 重置上行 / 下行计数器 210, 并且使得复用器 225 选择数字充电减小环路 200。在节点 V_1 处测量的安全电压阈值 (数字充电减小环路 200 控制) 被设置在 2.02V, 并且控制数字计数器 210 的上行 / 下行计数, 数字计数器 210 进而又控制 DAC 220, 而 DAC 220 进而又控制了充电电流限制 / 控制电路 230。

[0037] 在一个特定实施例中, 当输入源 245 大于 4.5V 时, V_0 大于 1.98V。因此, 模拟控制电路 240 控制去往电池 135 的充电电流。如果输入源 245 不能提供充电电流或者如果负载电流和充电电流超过输入源 245 的电流能力, 输入源 245 处的源电压将下降到低于 4.5V。 V_0 和 V_1 随后将基于电阻器 R_1 、 R_2 和 R_3 的值按线性比例下降。当 V_0 降低到低于跳脱电压阈值 (例如 1.98V) 时, 比较器 A 将会重置 RS 触发器 215, 从而使得复用器 225 将对充电电流的控制从模拟控制电路 240 转移到数字充电减小环路 200。另外, 比较器 A 将把上行 / 下行计数器 210 重置到其最低水平, 将 DAC 220 设置到预定的最小值, 这进而又会将充电电流减小到预定的最小值。这恢复了输入源 245 的完整性并且防止了输入源 245 或系统核心 170

的停工或潜在损坏。

[0038] 比较器 B 比较节点 V1 处的电压和基准电压 VREF, 并且作为响应生成控制信号。如果节点 V1 处的电压大于安全电压阈值 (在 V1 处测量的) (例如, 2.02V), 则比较器 B 生成逻辑高控制信号。否则, 比较器 B 生成逻辑低控制信号。在一个时钟周期之后上行 / 下行计数器 210 对来自比较器 B 的控制信号采样。如果比较器 B 所看到的电压是逻辑高 (正如在负载电流减小的情况下所期望的), 则逻辑高控制信号使得上行 / 下行计数器 210 上行计数 1, 从而使 b0 比特置位并且将 DAC 220 的输出电压增大一个预定步长。这样, DAC 220 将充电电流增大了一个预定的步长。随着充电电流逐步增大, 充电电流增大了施加于输入源 245 的电流需求, 从而导致源电压降低。当源电压下降到低于安全电压阈值时, 控制信号转变到逻辑低状态, 从而使得上行 / 下行计数器 210 进行下行计数。下行计数使得 DAC 220 的输出电压逐步降低, 从而使得充电电流逐步减小。在若干个时钟周期之后, 数字充电减小环路 200 稳定在输入源 245 所支持的最大充电电流上 (例如, 在该最大充电电流左右振荡)。

[0039] 当源故障终止或者负载电流减小时, 数字充电减小环路 200 逐步增大充电电流。当上行 / 下行计数器 210 达到最大水平即 b_n 水平时, 上行 / 下行计数器 210 发送 END 信号以使 RS 触发器 215 置位, 这控制了复用器 225 将控制转移回模拟控制电路 240。

[0040] 将会认识到, 上行 / 下行计数器 210 可按任何分辨率移位, 例如 32 步或者 64 步, 这取决于要使得电压 / 电流步长多么粗略或精细。更粗略的分辨率可提供更快的响应。另外, 更大的分辨率可能要求更长的移位器。还将认识到, 可以仅利用数字充电减小环路 200 来实现实施例, 而没有模拟控制电路 240。

[0041] 图 3 示出了根据本发明实施例的图 2 的电池充电器 140' 的电压 / 时间图 300。如图中所示, 术语“数字充电减小环路”可被简写为“DCHR”。图 300 示出了数字充电减小环路 200 的四 (4) 个阶段。在阶段 305 期间, 当模拟控制电路 240 控制充电电流时, 数字充电减小环路 200 测量输入源 245 的源电压。如图所示, 在阶段 305 期间发生输入源 245 的过载, 从而导致源电压下降。阶段 310 开始于数字充电减小环路 200 认识到源电压下降到了跳脱电压阈值之时, 从而导致充电电流控制从模拟控制电路 240 转移到数字充电减小环路 200。数字充电减小环路 200 将充电电流减小到预定的最小值, 从而使得源电压可以恢复回到高于安全电压阈值的点 (在此情况下, 回到约 4.6V)。阶段 315 开始于源电压恢复到高于安全电压阈值的点时, 此时数字充电减小环路 200 开始在每个时钟周期逐步增大充电电流。响应于充电电流的逐步增大, 阶段 315 示出了源电压逐步下降, 直到它达到安全电压阈值为止。阶段 320 开始于源电压达到安全电压阈值时, 此时数字充电减小环路 200 开始逐步减小充电电流, 从而导致源电压上升到高于安全电压阈值。在上升到高于安全电压阈值后, 数字充电减小环路 200 逐步增大充电电流, 从而导致源电压下降到低于安全电压阈值。因此, 在阶段 320 期间, 随着源电压稳定在安全电压阈值 (例如在安全电压阈值左右振荡), 数字充电减小环路 200 导致了稳态充电电流。

[0042] 图 4A-D 示出了根据本发明实施例的图 2 的电池充电器 140' 的电压 / 时间和电流 / 时间图 400。

[0043] 图 400 (A) 示出了 12 毫秒 (ms) 的时间段上的负载电流。如图所示, 从 $t = 0\text{ms}$ 到 $t = 1\text{ms}$, USB 设备 110 的系统核心 170 不汲取电流。从大约 $t = 1\text{ms}$ 到大约 $t = 5\text{ms}$, 系统核心 170 汲取大约 300mA 的电流。从大约 $t = 5\text{ms}$ 到大约 $t = 10\text{ms}$, 系统核心 170 汲取大

约 230mA 的电流。在大约 $t = 10\text{ms}$ 之后,系统核心 170 不汲取电流。

[0044] 图 400(B) 示出了在同一时间段上输入源 245 的源电压。如图所示,从 $t = 0\text{ms}$ 直到大约 $t = 1\text{ms}$ (在此期间系统核心 170 不汲取负载电流),源电压稳定在大约 4.6V。在大约 $t = 1\text{ms}$,当系统核心 170 开始汲取 300mA 的负载电流时,源电压下降到低于大约 4.4V 的跳脱电压阈值。在此之后(当数字充电减小环路 200 取得充电电流控制时),源电压立即返回到大约 4.5V 的安全电压阈值,并且稳定在大约 4.45V。在大约 $t = 5\text{ms}$,当系统核心 170 将其负载电流从大约 300mA 减小到大约 230mA 时,源电压略微上升。从大约 $t = 5\text{ms}$ 到大约 $t = 5.5\text{ms}$ (当数字充电减小环路 200 逐步增大充电电流时),源电压再次降低到安全电压阈值。从大约 $t = 5.5\text{ms}$ 到大约 $t = 10\text{ms}$,源电压保持稳定在安全电压阈值。在大约 $t = 10\text{ms}$ (在系统核心 170 停止汲取任何负载电流之后),源电压向上上升。在大约 $t = 10.5\text{ms}$ (当模拟控制电路 240 取得充电电流控制时),源电压平衡在大约 4.6V。

[0045] 图 400(C) 示出了同一时间段上的环路激活/解除激活。如图所示,数字充电减小环路 200 在 $t = 0\text{ms}$ 被解除激活,在大约 $t = 1\text{ms}$ (当源电压下降到低于跳脱电压阈值时)被激活,并且在大约 $t = 10.5\text{ms}$ (在充电电流上升到高于数字充电减小环路 200 所控制的最大充电电流时)被解除激活。

[0046] 图 400(D) 示出了同一时间段上的充电电流。如图所示,从 $t = 0\text{ms}$ 到大约 $t = 1\text{ms}$ (当系统核心 170 不汲取充电电流并且模拟控制电路 240 进行控制时),充电电流稳定在大约 420mA。在大约 $t = 1\text{ms}$ (在检测到源电压下降到低于跳脱电压阈值时,在负载电流增大到 300mA 之后,以及在数字充电减小环路 200 从模拟控制电路 240 取得对充电电流的控制之后),充电电流从 420mA 下降到大约 170mA 的预定最小值。然后,在大约 $t = 1\text{ms}$ 之后一点(在源电压已恢复时),数字充电减小环路 200 逐步增大充电电流,直到源电压在大约 $t = 2\text{ms}$ 达到大约 4.5V 的安全电压阈值为止。在大约 $t = 2\text{ms}$,充电电流稳定在大约 270mA (例如,在 270mA 左右振荡)。然后,在大约 $t = 5\text{ms}$ (当数字充电减小环路 200 认识到由于负载电流从 300mA 减小到大约 230mA 而使得源电压略微增大时),充电电流开始逐步增大。在大约 $t = 5.5\text{ms}$ (当源电压稳定在安全电压阈值时),充电电流稳定在大约 350mA。在大约 $t = 10\text{ms}$ (当数字充电减小环路 200 认识到由于系统核心 170 不汲取负载电流而使得源电压增大时),数字充电减小环路 200 逐步增大充电电流。在大约 $t = 10.5\text{ms}$ (当模拟控制电路 240 从数字充电减小环路 200 取得对充电电流的控制时),充电电流再次平衡在大约 420mA。

[0047] 图 5 是示出根据本发明另一个实施例的具有数字充电减小环路 500 的电池充电器 140”的细节的电路图。电池充电器 140”是图 2 的电池充电器 140 的第二示例性实施例。与电池充电器 140”一样,电池充电器 140”包括耦合到输入源 245 (例如,USB 端口 145 的 V_{BUS}) 的数字充电减小环路 500、模拟充电电流控制电路 240、耦合到数字充电减小环路 500 和模拟充电电流控制电路 240 的复用器 225、以及耦合到输入源 245 和复用器 225 的充电电流限制/控制电路 230。

[0048] 如图所示,利用仅一个比较器,即比较器 C,数字充电减小环路 500 可被实现以低范围滞后作用。在此情况下,跳脱电压阈值和安全电压阈值可被滞后级别所分隔。当输入源 245 的源电压达到最大(从而使得上行/下行计数器 510 处于其最大计数)时,输入源 245 使得模拟控制电路 240 控制充电电流。当源电压降低到低于跳脱电压阈值(比较器 C

高到低阈值)时,数字充电减小环路 500 被激活。当 RS 触发器 215 处于“SET”阶段(Q 输出逻辑高)时比较器 C 的输出信号变为低,从而使得上行 / 下行计数器 510 重置,使上行 / 下行计数器 510 的数字计数值减小到预定的最小值。重置上行 / 下行计数器 510 还使得上行 / 下行计数器 510 重置 RS 触发器 215,这使得复用器 225 将充电电流控制从模拟控制电路 240 转移到数字充电减小环路 500。

[0049] 数字充电减小环路 500 将充电电流减小到预定的最小值,从而使得源电压恢复到安全 / 跳脱电压阈值之上。在比较器 C 的输出信号为高的每个时钟周期,上行 / 下行计数器 510 逐步增大其到 DAC 220 的输出计数 (b_0 - b_n),DAC 220 控制充电电流限制 / 控制电路 230,充电电流限制 / 控制电路 230 进而又控制充电电流。对于比较器 C 的输出信号为低的每个时钟周期(在此期间上行 / 下行计数器 510 不在其最大计数上),上行 / 下行计数器 510 下行计数。源电压稳定在跳脱 / 安全电压阈值(在跳脱 / 安全电压阈值左右振荡),从而使得充电电流稳定在可得到的最大电流上。当上行 / 下行计数器 510 达到其最大计数时,上行 / 下行计数器 510 向 RS 触发器 215 发送 END 信号,RS 触发器 215 控制复用器 225 将对充电电流的控制返回给模拟充电电流控制电路 240。

[0050] 数字充电减小环路的实施例可提供若干个优于模拟 / 线性充电减小环路的优点。例如,可以更容易调节跳脱和安全电压阈值,可以添加滞后来增大充电减小环路对于电源的线路和负载瞬变效应的稳定性。数字充电减小环路 200/500 可提供对数字充电减小环路启动和响应时间的更容易的调节。可针对给定应用的定时需要来调节时钟振荡器 235 的响应、上行 / 下行计数器 210/510 速度以及 DAC 220。数字充电减小环路可以不那么容易发生通常与 DC-DC 开关充电电流调控系统相关联的不利噪声问题,从而数字充电减小环路可更宜于实现在 DC-DC 开关电池充电器的集成电路中。另外,对于电池充电集成电路(IC)应用,数字充电减小环路可节省空间和成本,因为该电路能够与 IC 内的其他无关控制电路(例如温度控制)共享元件(例如系统时钟和计数器)。共享电路元件使得 IC 管芯大小可以减小,从而减小了空间需求和制造成本。

[0051] 将会认识到,数字充电减小环路 200/500 可以应用到不涉及用 USB 端口作为输入源 245 的电池充电的场景。例如,可利用通常称为“线路适配器”的高电流外部电源来执行电池充电。如上所述,设计者可向线路适配器提供被设定为满足或超过系统和电池充电操作的电流要求的规格。但是,当未经许可的输入源 245 被用于电流处理能力不足的设备 110 时,数字充电减小环路 200/500 可将充电电流减小到安全水平,这可能好于 USB 端口的极限。

[0052] 图 6A-D 示出了管理来自线路适配器的充电电流的数字充电减小环路的电压 / 时间和电流 / 时间图 600,该线路适配器能够供应比典型 USB 端口更大的电流量。

[0053] 图 600(A) 示出了 12ms 的时间段上的负载电流。如图所示,从 $t = 0\text{ms}$ 到 $t = 1\text{ms}$,USB 设备 110 的系统核心 170 不汲取电流。从大约 $t = 1\text{ms}$ 到大约 $t = 5\text{ms}$,系统核心 170 汲取大约 1A 的电流。从大约 $t = 5\text{ms}$ 到大约 $t = 10\text{ms}$,系统核心 170 汲取大约 700mA 的电流。在大约 $t = 10\text{ms}$ 之后,系统核心 170 不汲取电流。

[0054] 图 600(B) 示出了在同一时间段上输入源 245 的源电压。如图所示,从 $t = 0\text{ms}$ 直到大约 $t = 1\text{ms}$ (在此期间系统核心 170 不汲取负载电流),源电压稳定在大约 4.6V。在大约 $t = 1\text{ms}$ (当系统核心 170 开始汲取 1A 的负载电流时),源电压下降到低于大约 4.3V 的

跳脱电压阈值。在此之后（当数字充电减小环路 200/500 取得充电电流控制时），源电压立即迅速返回到大约 4.4V 的安全电压阈值，并且变得稳定在大约 4.4V。在大约 $t = 5\text{ms}$ （当系统核心 170 将其负载电流从大约 1A 减小到大约 700mA 时），源电压略微上升到大约 4.5V。从大约 $t = 5\text{ms}$ 到大约 $t = 5.5\text{ms}$ （当数字充电减小环路 200/500 逐步增大充电电流时），源电压再次降低到安全电压阈值。从大约 $t = 5.5\text{ms}$ 到大约 $t = 10\text{ms}$ ，源电压保持稳定在安全电压阈值。在大约 $t = 10\text{ms}$ （在系统核心 170 停止汲取任何负载电流之后），源电压迅速向上上升。在大约 $t = 10.5\text{ms}$ （当模拟控制电路 240 从数字充电减小环路 200/500 取得充电电流控制时），源电压平衡在大约 4.5V。

[0055] 图 600(C) 示出了同一时间段上的环路激活 / 解除激活。如图所示，数字充电减小环路 200/500 在 $t = 0\text{ms}$ 被解除激活，在大约 $t = 1\text{ms}$ 被激活，并且在大约 $t = 10.5\text{ms}$ 被解除激活。

[0056] 图 600(D) 示出了同一时间段上的充电电流。如图所示，从 $t = 0\text{ms}$ 到大约 $t = 1\text{ms}$ （当系统核心 170 不汲取充电电流并且模拟控制电路 240 进行控制时），充电电流稳定在大约 1.25A。在大约 $t = 1\text{ms}$ （在检测到源电压下降到低于跳脱电压阈值时，在负载电流增大到 1A 之后，以及在数字充电减小环路 200/500 从模拟控制电路 240 取得对充电电流的控制之后），充电电流从 1.25A 下降到大约 500mA 的预定最小值。然后，数字充电减小环路 200/500 逐步增大充电电流，直到源电压达到大约 4.4V 的安全电压阈值为止。在大约 $t = 1.2\text{ms}$ ，充电电流稳定在大约 650mA（例如，在 650mA 左右振荡）。然后，在大约 $t = 5\text{ms}$ （当数字充电减小环路 200 认识到由于负载电流从 1A 减小到大约 700mA 而使得源电压略微增大时），数字充电减小环路 200/500 开始逐步增大充电电流。在大约 $t = 5.5\text{ms}$ （当源电压稳定在安全电压阈值时），充电电流稳定在大约 950mA。在大约 $t = 10\text{ms}$ （当数字充电减小环路 200 认识到由于系统核心 170 不汲取负载电流而使得源电压增大时），数字充电减小环路 200/500 逐步增大充电电流。在大约 $t = 10.5\text{ms}$ （当模拟控制电路 240 从数字充电减小环路 200/500 取得对充电电流的控制时），充电电流再次平衡在大约 1.25A。

[0057] 通过使可能的充电电流达到最大限度，电池充电器 140 完全利用了可从特定输入源 245 得到的电力，大大缩短了充电时间。在一些实施例中，电池充电器 140 不需要被配置为将最大充电电流限制到 500 毫安，并且可依赖于数字充电减小来将充电电流降低到适当的水平。另外，如果具有 USB 控制器（未示出）的 USB 设备 110 连接到 USB 主机 105，则 USB 控制器应当识别出它被插入到计算机系统的 USB 端口 130 中，并且将会区分 A 类（500 毫安）端口和 B 类（100 毫安）端口。但是，如果没有 USB 控制器的 USB 设备 110 被连接到 USB 主机 105，则 USB 设备 110 将无法识别出它被插入到 USB 端口中。（例如，蓝牙耳机不具有 USB 控制器，因为蓝牙耳机不被用于交换数据）。利用数字充电减小，没有 USB 控制器的 USB 设备 110 可被 USB 端口充电。利用数字充电减小环路，USB 设备 110 将自动逐步减小所汲取的电流。不需要外部控制。

[0058] 以上对本发明的优选实施例的描述只是示例性的，根据以上教导，可对上述实施例和方法进行其他改变和修改。可利用编程的通用数字计算机、利用专用集成电路、或者利用互连的传统组件和电路的网络来实现组件。这里描述的实施例不是穷尽性的或者限制性的。本发明仅由权利要求所限定。

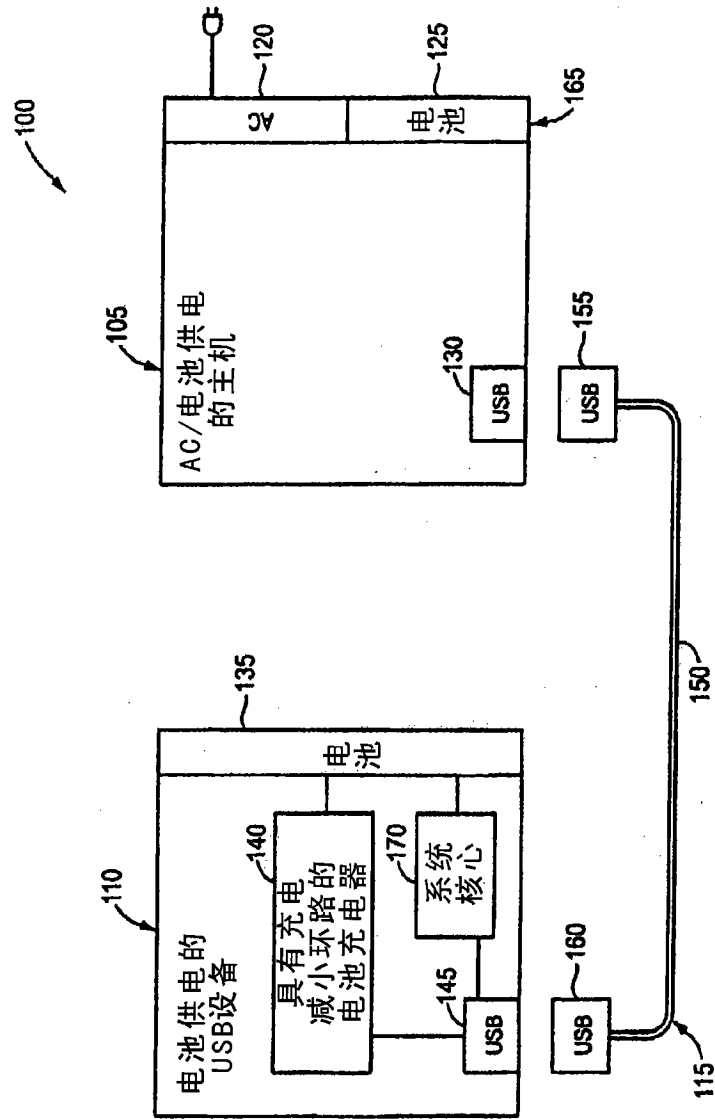


图1

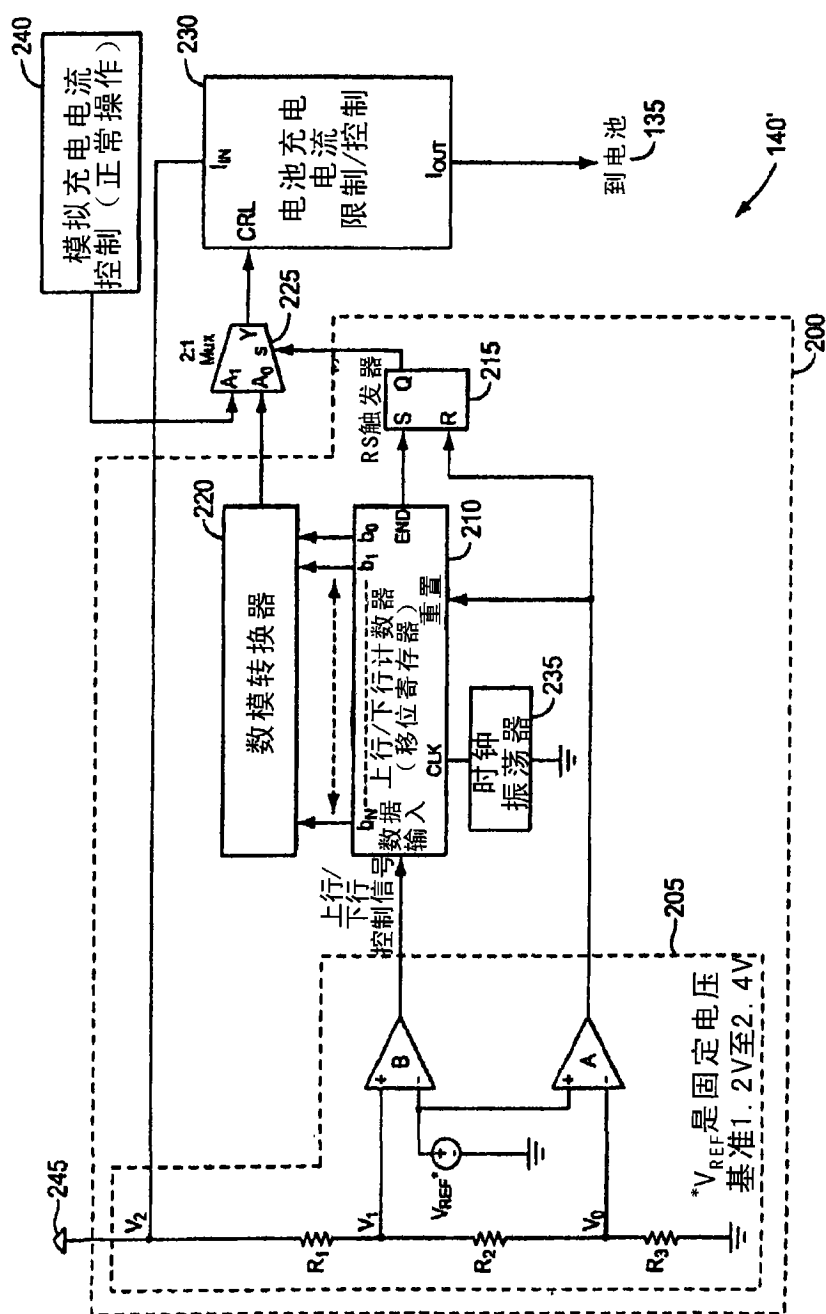


图2

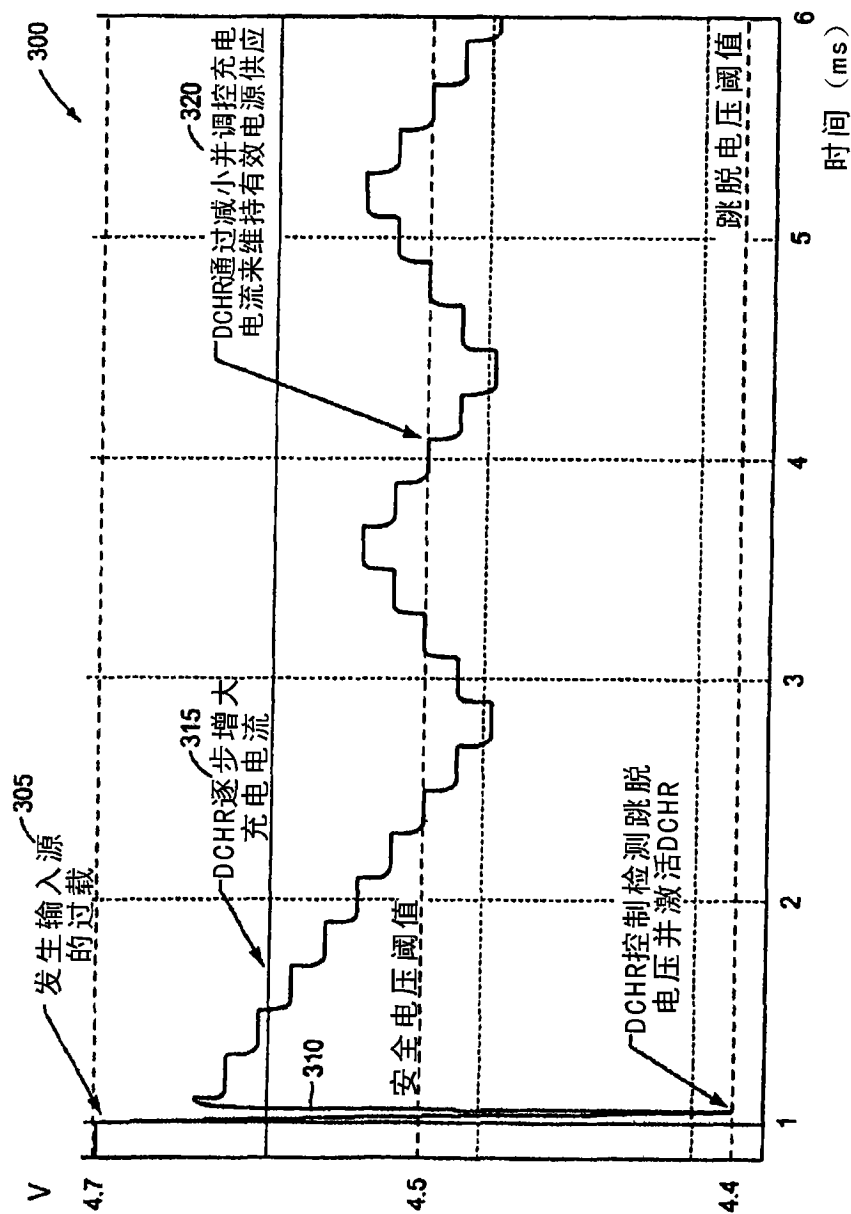


图3

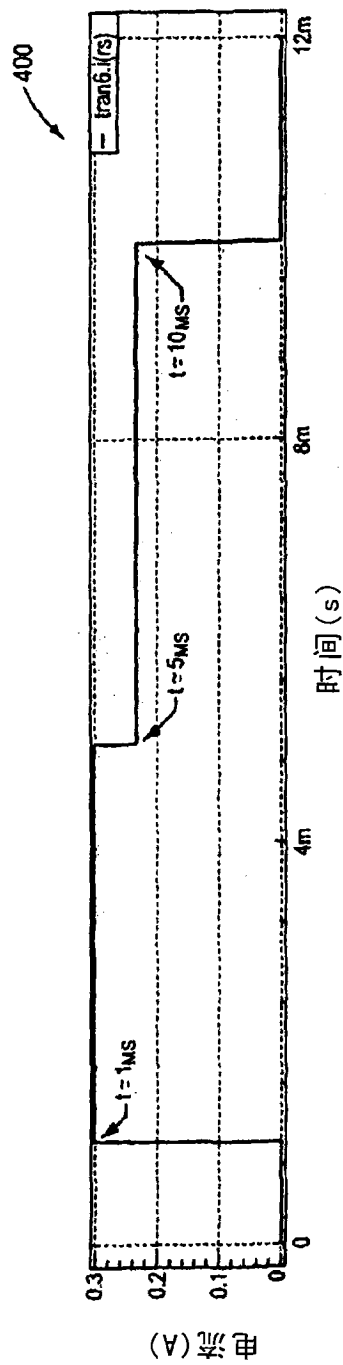


图4A

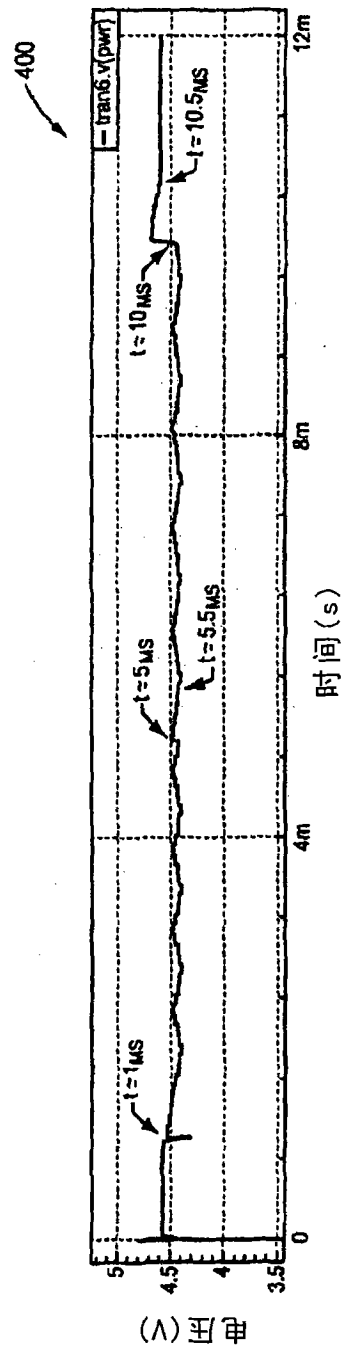


图4B

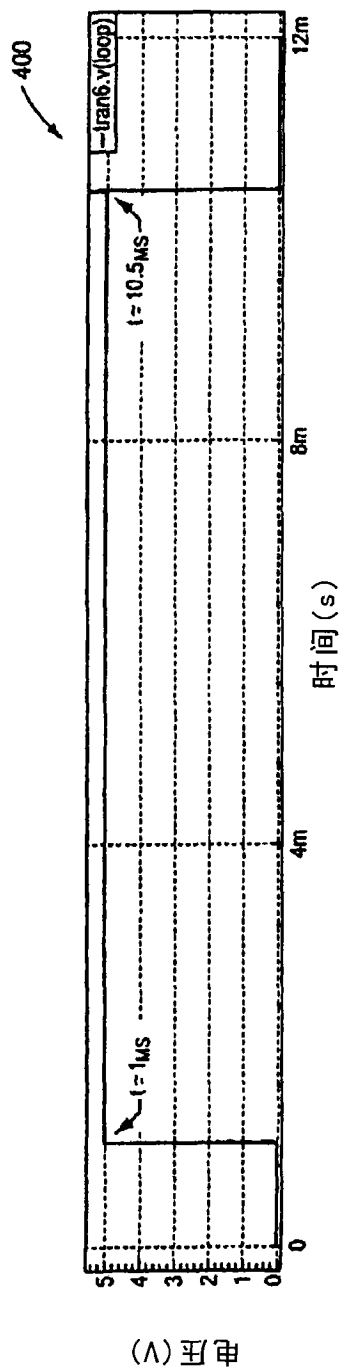


图4C

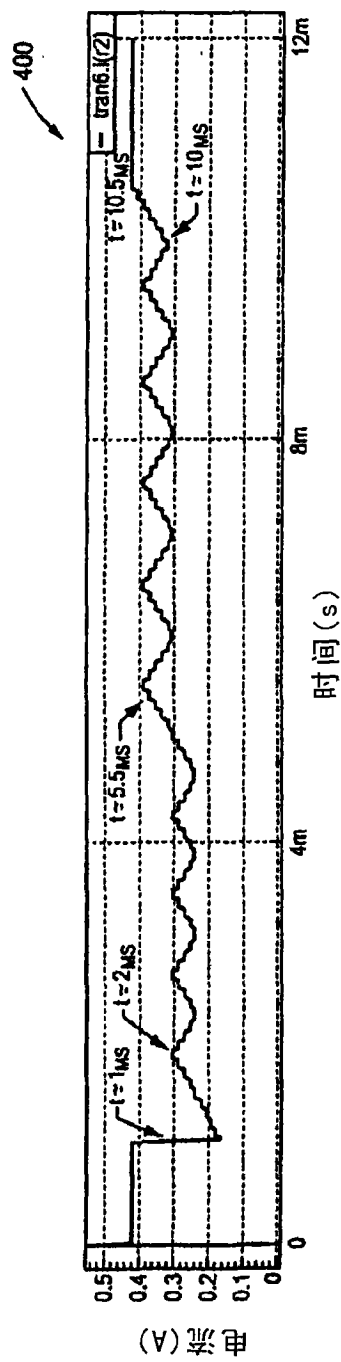


图4D

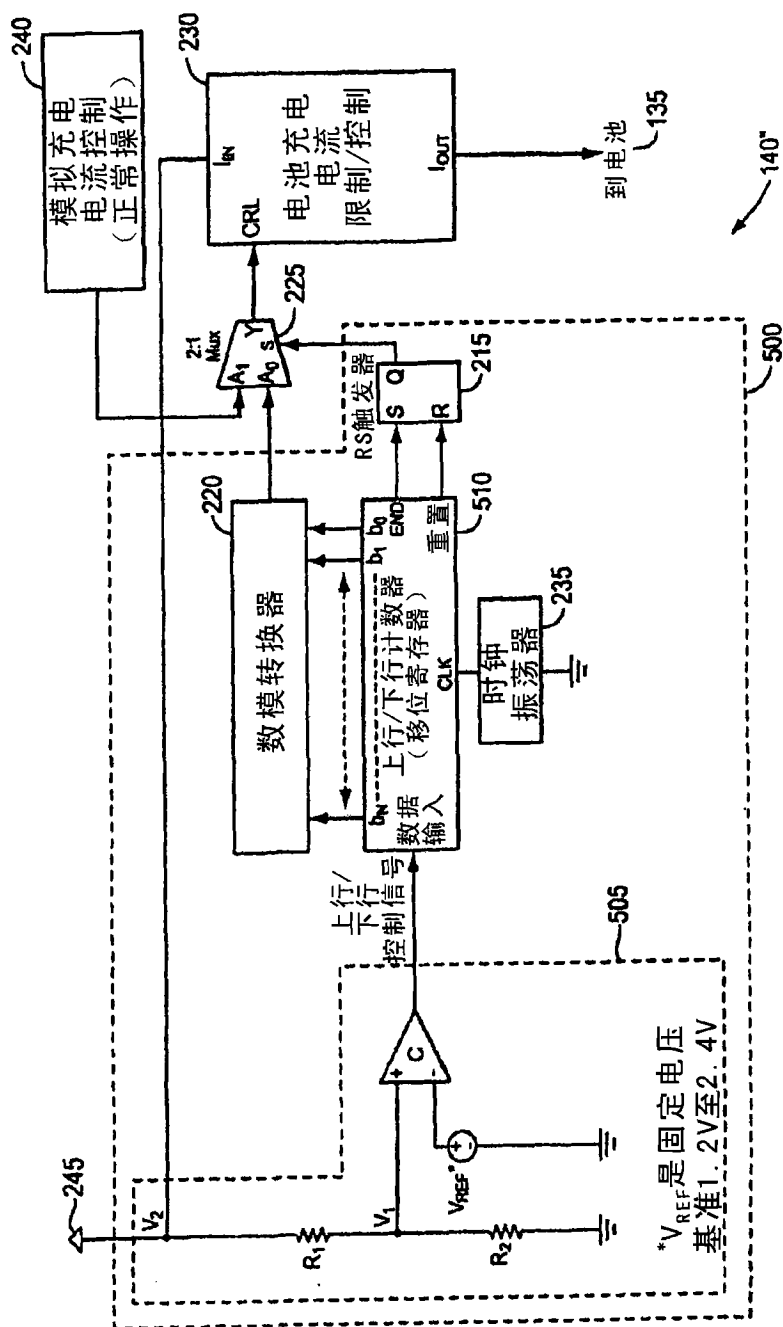


图5

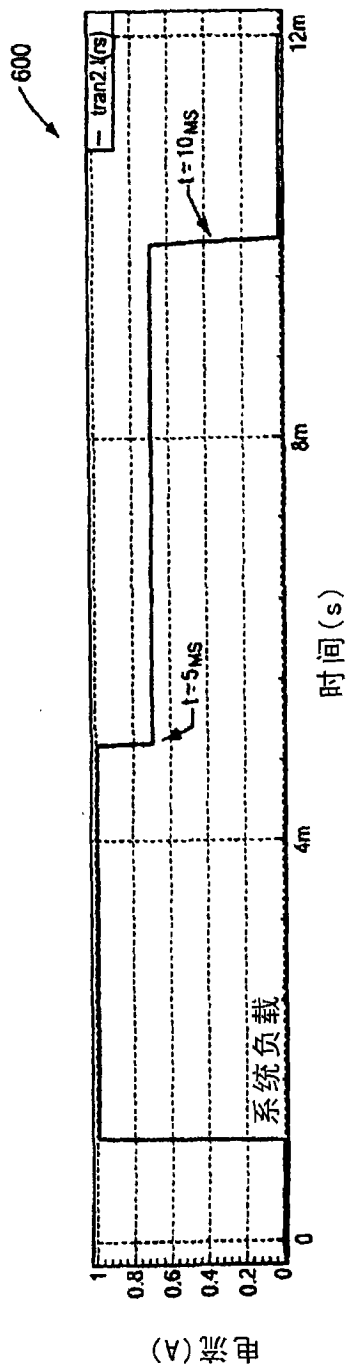


图6A

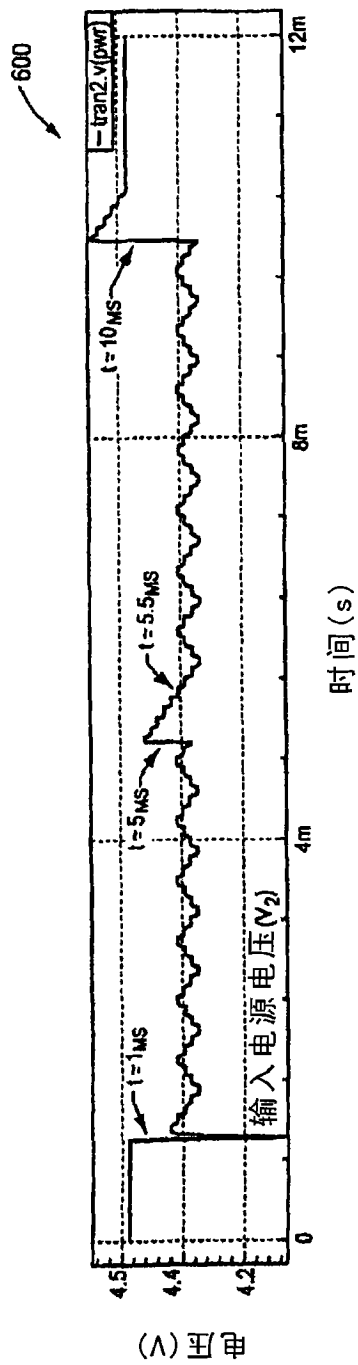


图6B

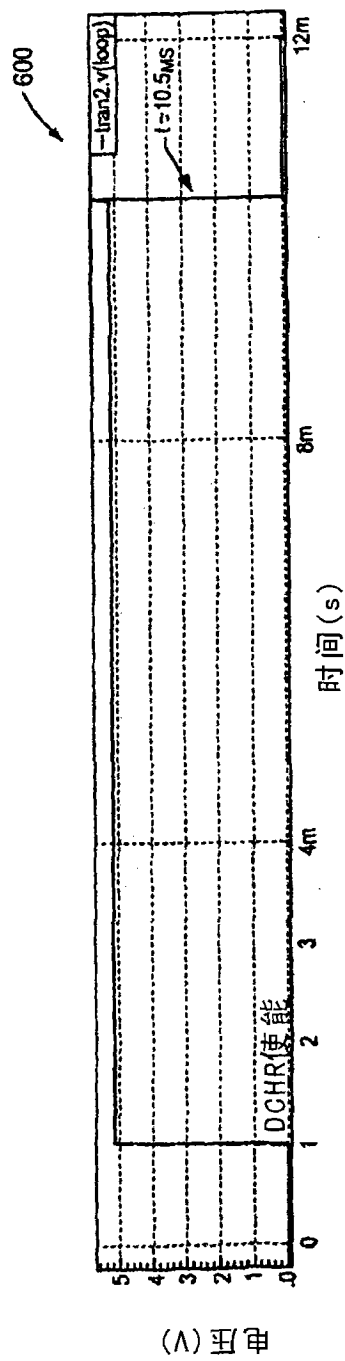


图6C

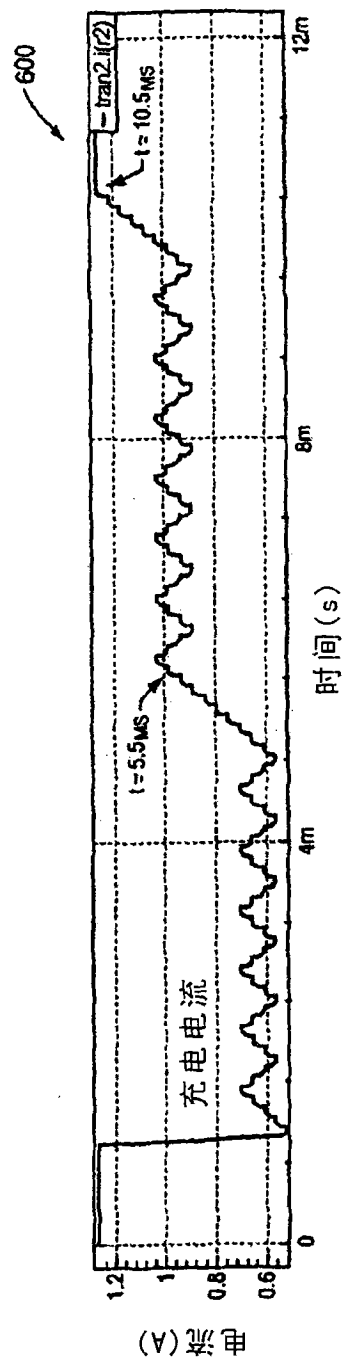


图6D