



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510024849.3

[43] 公开日 2006年10月4日

[11] 公开号 CN 1841893A

[22] 申请日 2005.3.30  
 [21] 申请号 200510024849.3  
 [71] 申请人 昂宝电子(上海)有限公司  
 地址 201203 上海市张江高科技园区碧波路  
 690号2号楼101  
 [72] 发明人 叶俊 朱臻 赵时峰 方烈义  
 陈志樾

[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  
 代理人 董方源

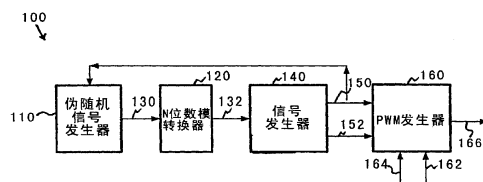
权利要求书 5 页 说明书 14 页 附图 5 页

## [54] 发明名称

用于控制电源变换器中的开关频率变化的系  
统和方法

## [57] 摘要

本发明公开了一种用于为电源变换器提供频率控制的系统和方法。所述系统包括伪随机信号发生器，伪随机信号发生器被配置产生数字信号。所述数字信号包含至少 N 位数据，其中 N 是正整数。此外，所述系统包括：数模转换器，被配置接收所述数字信号并产生第一控制信号；输出信号发生器，被配置接收第一控制信号并至少产生与频率有关的第一输出信号；以及脉宽调制发生器，被配置至少接收第一输出信号。所述 N 位数据代表伪随机数。



1. 一种用于为电源变换器提供频率控制的系统，所述系统包括：
  - 伪随机信号发生器，被配置产生数字信号，所述数字信号包含至少 N 位数据，其中 N 是正整数；
  - 数模转换器，被配置接收所述数字信号并产生第一控制信号；
  - 输出信号发生器，被配置接收所述第一控制信号并至少产生与频率有关的第一输出信号；
  - 脉宽调制发生器，被配置至少接收所述第一输出信号；
  - 其中所述 N 位数据代表伪随机数。
2. 根据权利要求 1 所述的系统，其中所述伪随机信号发生器包括 m 级 M 序列发生器，其中 m 是正整数；所述 m 级 M 序列发生器被配置接收所述第一输出信号。
3. 根据权利要求 1 所述的系统，其中：
  - 所述第一输出信号包含第一信号强度；
  - 所述频率反比于第一时间周期和第二时间周期；
  - 所述第一时间周期期间的第一信号强度与所述第二时间周期期间的第一信号强度不同。
4. 根据权利要求 1 所述的系统，其中所述输出信号发生器被配置在预定频率范围内相对于时间改变所述频率。
5. 根据权利要求 4 所述的系统，其中所述频率在预定的时间周期内与中值频率相关联。
6. 根据权利要求 1 所述的系统，其中所述第一控制信号包括伪随机信号。
7. 根据权利要求 6 所述的系统，其中所述输出信号发生器还被配置至少基于与所述伪随机信号相关联的信息相对于时间来改变所述频率。
8. 根据权利要求 7 所述的系统，其中所述频率相对于时间随机改变。
9. 根据权利要求 1 所述的系统，其中所述第一控制信号处于电压域和电流量域中的至少一个域中。

10. 根据权利要求 1 所述的系统，其中所述脉宽调制发生器被配置至少基于与所述第一输出信号相关联的信息来控制电源变换器的开关频率和脉宽。

11. 根据权利要求 1 所述的系统，还包括第一控制器，所述第一控制器被配置接收负载信号并产生第二控制信号，所述负载信号指示电源变换器的输出负载。

12. 根据权利要求 11 所述的系统，其中：

所述频率相对于时间而改变；

所述频率与中值频率相关联。

13. 根据权利要求 12 所述的系统，其中所述输出信号发生器还被配置接收所述第二控制信号，并且基于与所述第二控制信号相关联的信息来确定所述中值频率。

14. 根据权利要求 1 所述的系统，还包括补偿系统，所述补偿系统被配置接收电源变换器的输入信号并产生第三控制信号。

15. 根据权利要求 14 所述的系统，其中：

所述输出信号发生器还被配置接收所述第三控制信号并产生与斜率相关联的第二输出信号；

其中所述产生第二输出信号的步骤包括：至少基于与所述第三控制信号相关联的信息来确定所述斜率。

16. 根据权利要求 15 所述的系统，其中所述脉宽调制发生器使用所述第二输出信号来进行反馈环的斜率补偿。

17. 根据权利要求 16 所述的系统，其中所述斜率补偿与斜率补偿率有关，所述斜率补偿率相对于所述输入信号是恒定的。

18. 根据权利要求 14 所述的系统，其中所述补偿系统包括：

取样系统，被配置接收所述输入信号并产生第四控制信号；

补偿控制器，被配置接收所述第四控制信号并输出所述第三控制信号。

19. 一种用于提供伪随机信号的系统，所述系统包括：

移位寄存器，被配置接收第一输入信号和第二输入信号并产生数字信

号，所述移位寄存器包括  $m$  个触发器，其中  $m$  是正整数；

处理设备，被配置接收多个信号并产生所述第一输入信号，所述多个信号分别代表存储在多个触发器中的数据，所述多个触发器选自所述  $m$  个触发器；

数模转换器，被配置接收所述数字信号并且产生与信号强度有关的模拟信号；

其中：

所述数字信号代表至少  $N$  位数据， $N$  是正整数；

所述  $N$  位数据对应于  $N$  个触发器，所述  $N$  个触发器选自所述  $m$  个触发器。

20. 根据权利要求 19 所述的系统，其中所述处理设备被配置执行异或运算。

21. 根据权利要求 19 所述的系统，其中所述数模转换器还被配置接收控制信号并确定所述信号强度的第一范围。

22. 根据权利要求 21 所述的系统，还包括：

输出信号发生器，被配置接收所述模拟信号并至少产生与频率相关联的输出信号；

脉宽调制发生器，被配置至少接收所述输出信号；

其中所述输出信号与所述第二输入信号相同。

23. 根据权利要求 22 所述的系统，其中所述频率在第二范围内改变，所述第二范围对应于所述第一范围。

24. 一种用于为电源变换器提供频率控制的方法，所述方法包括：

产生数字信号，所述数字信号包含至少  $N$  位数据，其中  $N$  是正整数；

接收所述数字信号；

处理与所述数字信号相关联的信息；

至少基于与所述数字信号相关联的信息来产生第一控制信号，所述第一控制信号是模拟信号；

接收所述第一控制信号；

处理与所述第一控制信号相关联的信息；

至少基于与所述第一控制信号相关联的信息来至少产生与频率有关的第一输出信号；

其中所述 N 位数据代表伪随机数。

25. 根据权利要求 24 所述的方法，其中所述产生数字信号的步骤包括：至少基于与所述第一输出信号相关联的信息来产生所述数字信号。

26. 根据权利要求 24 所述的方法，其中：

所述第一输出信号包含第一信号强度；

所述频率反比于第一时间周期和第二时间周期；

所述第一时间周期期间的第一信号强度与所述第二时间周期期间的第一信号强度不同。

27. 根据权利要求 24 所述的方法，其中所述频率在预定频率范围内相对于时间而改变。

28. 根据权利要求 27 所述的方法，其中所述频率在预定的时间周期内与中值频率相关联。

29. 根据权利要求 24 所述的方法，其中所述第一控制信号包括伪随机信号。

30. 根据权利要求 29 所述的方法，其中所述频率至少基于与所述伪随机信号相关联的信息而相对于时间改变。

31. 根据权利要求 30 所述的方法，其中所述频率相对于时间随机改变。

32. 根据权利要求 24 所述的方法，还包括：

处理与所述第一输出信号相关联的信息；

至少基于与所述第一输出信号相关联的信息来调节电源变换器的开关频率。

33. 一种用于提供伪随机信号的方法，所述方法包括：

从移位寄存器接收多个信号；

处理与所述多个信号相关联的信息；

至少基于与所述多个信号相关联的信息来产生第一输入信号；

由所述移位寄存器接收所述第一输入信号和第二输入信号；

处理与所述第一输入信号和所述第二输入信号相关联的信息；

至少基于与所述第一输入信号和所述第二输入信号相关联的信息，通过 M 序列过程来产生数字信号；

处理与所述数字信号相关联的信息；

至少基于与所述数字信号相关联的信息来产生与信号强度有关的模拟信号；

其中：

所述数字信号代表至少 N 位数据，N 是正整数；

所述 N 位数据代表伪随机数。

34. 根据权利要求 33 所述的方法，其中所述产生第一输入信号的步骤包括执行异或运算。

35. 根据权利要求 33 所述的方法，还包括：

接收控制信号；

处理与所述控制信号相关联的信息；

至少基于与所述控制信号相关联的信息来确定所述信号强度的第一范围。

36. 根据权利要求 35 所述的方法，还包括：

接收所述模拟信号；

处理与所述模拟信号相关联的信息；

至少基于与所述模拟信号相关联的信息来至少产生与频率有关的输出信号。

37. 根据权利要求 36 所述的方法，其中所述频率在第二范围内改变，所述第二范围对应于所述第一范围。

## 用于控制电源变换器中的开关频率变化的系统和方法

### 技术领域

本发明涉及集成电路。更具体地说，本发明提供了一种用于控制频率变化的系统和方法。本发明仅仅是以示例的方式被应用于电源变换器。但是应当认识到，本发明具有更广阔的应用范围。

### 背景技术

电源变换器被广泛地用于诸如便携式设备的消费类电子设备。电源变换器可以将电源从一种形式变换到另一种形式。作为示例，电源从交流（AC）变换到直流（DC）、从 DC 变换到 AC、从 AC 变换到 AC 或者从 DC 变换到 DC。此外，电源变换器可以将电源从一个电平转换到另一个电平。电源变换器包括线性变换器和开关模式变换器两种主要类型。

开关模式变换器通常需要满足对电磁干扰（EMI）的某些要求。单个开关频率及其谐波会引起 EMI 问题。为了抑制 EMI，对于传统开关模式电源变换器来说，通过时钟抖动来经常性改变开关频率。

例如，由模拟电路产生时钟抖动用于频率变化。模拟电路以远低于电源变换器的开关频率的频率来提供频率变化信号。例如，开关频率在几十千赫兹的范围内，而频率变化信号的频率更低。因此，模拟电路通常需要大的电容器面积并且实现起来很昂贵。

在另一示例中，由数字电路产生时钟抖动。数字电路可以使用计数器来产生频率变化信号。但是频率变化信号通常具有固定的模式而无频率扰动（scrambling）。能量扩展在感兴趣的频带内可能并不均匀。在另一个示例中，由外部信号（例如集成电路（IC）系统的电源电压）控制频率变化。但是频率变化的范围通常有限。此外，利用电源电压改变开关频率通常使开关模式电源变换器难于被设计。

因此，非常需要对控制频率变化的技术进行改进。

## 发明内容

本发明涉及集成电路。更具体地说，本发明提供了一种用于控制频率变化的系统和方法。本发明仅仅是以示例的方式被应用于电源变换器。但是应当认识到，本发明具有更广阔的应用范围。

根据本发明的一个实施例，提供了一种用于为电源变换器提供频率控制的系统。所述系统包括伪随机信号发生器，所述伪随机信号发生器被配置产生数字信号。所述数字信号包含至少  $N$  位数据，其中  $N$  是正整数。此外，所述系统包括：数模转换器，被配置接收所述数字信号并产生第一控制信号；输出信号发生器，被配置接收所述第一控制信号并至少产生与频率有关的第一输出信号；以及脉宽调制发生器，被配置至少接收所述第一输出信号。所述  $N$  位数据代表伪随机数。

根据本发明的另一个实施例，一种用于提供伪随机信号的系统包括移位寄存器，所述移位寄存器被配置接收第一输入信号和第二输入信号并产生数字信号。所述移位寄存器包括  $m$  个触发器，其中  $m$  是正整数。此外，所述系统包括处理设备，所述处理设备被配置接收多个信号并产生所述第一输入信号。所述多个信号分别代表存储在多个触发器中的数据，并且所述多个触发器选自所述  $m$  个触发器。并且，所述系统包括数模转换器，所述数模转换器被配置接收所述数字信号并且产生与信号强度有关的模拟信号。所述数字信号代表至少  $N$  位数据，其中  $N$  是正整数。所述  $N$  位数据对应于  $N$  个触发器，并且所述  $N$  个触发器选自所述  $m$  个触发器。

根据本发明的另一个实施例，一种用于为电源变换器提供频率控制的方法包括产生数字信号。所述数字信号包含至少  $N$  位数据，其中  $N$  是正整数。此外，所述方法包括：接收所述数字信号，处理与所述数字信号相关联的信息，以及至少基于与所述数字信号相关联的信息来产生第一控制信号。所述第一控制信号是模拟信号。并且，所述方法包括：接收所述第一控制信号，处理与所述第一控制信号相关联的信息，以及至少基于与所述第一控制信号相关联的信息来至少产生与频率有关的第一输出信号。所述  $N$  位数据代表伪随机数。



根据本发明的另一个实施例，一种用于提供伪随机信号的方法包括：从移位寄存器接收多个信号，处理与所述多个信号相关联的信息，以及至少基于与所述多个信号相关联的信息来产生第一输入信号。此外，所述方法包括：由所述移位寄存器接收所述第一输入信号和第二输入信号，处理与所述第一输入信号和所述第二输入信号相关联的信息，以及至少基于与所述第一输入信号和所述第二输入信号相关联的信息，通过 M 序列过程来产生数字信号。并且，所述方法包括：处理与所述数字信号相关联的信息，以及至少基于与所述数字信号相关联的信息来产生与信号强度有关的模拟信号。所述数字信号代表至少 N 位数据，其中 N 是正整数。所述 N 位数据代表伪随机数。

以本发明的方式，可以获得超过传统技术的许多优点。例如，本发明的一些实施例可以减小开关模式电源变换器的电磁干扰。举例来说，开关模式电源变换器是离线电源变换器。本发明的某些实施例为开关模式电源变换器提供了开关频率变化。本发明的一些实施例避免了开关模式电源变换器中固定频率和谐波上的强单音信号。本发明的某些实施例可以在开关模式电源变换器的频率范围内扩展电磁干扰的功率。例如，开关频率的随机化可以使 EMI 功率谱在中值开关频率周围和高次谐波的频带内基本均匀。本发明的一些实施例根据调频指数  $M_f$  来提供频率变化。举例来说，调频指数  $M_f$  由开关模式电源变换器的 EMI 要求来确定。

本发明的某些实施例将数字电路用于频率变化。数字电路是便携式的，并且可以被方便地移植用于不同的集成电路制造过程。本发明的一些实施例利用伪随机信号为时钟信号提供频率变化。举例来说，伪随机信号是 M 序列信号。本发明的某些实施例使用频率变化控制器，频率变化控制器包括 m 级 M 序列发生器和 N 位数模转换器。举例来说，m 级 M 序列发生器包括 m 级线性移位寄存器。在另一个示例中，数模转换器在电压模式或电流模式下工作。在另一个示例中，数模转换器的输出被用来控制开关模式电源变换器中的振荡器的频率变化。在另一个示例中，由振荡器产生的时钟信号被馈送到线性移位寄存器中。

本发明的一些实施例使用由电压信号或电流信号控制的振荡器。举例

来说，控制信号是由频率变化发生器和/或停滞时间（dead-time）控制器产生的。在另一个示例中，振荡器产生时钟信号和锯齿（ramping）信号。时钟信号和锯齿信号不具有恒定的频率。该频率是随机化的并且随着时间的变化而逐渐移动。在另一个示例中，由伪随机信号来调制振荡器中的充放电电流。经调制的充放电电流确定振荡频率，进而确定开关模式电源变换器中的开关频率。

参考下面的详细说明和附图，可以更全面地理解本发明的各种其它目的、特征和优点。

### 附图说明

图 1 是根据本发明实施例的用于控制频率变化的简化系统；

图 2 是示出了根据本发明实施例的频率变化的简化示图；

图 3 是根据本发明实施例的频率变化发生器的简化示图；

图 4 是根据本发明另一实施例的用于控制频率变化的简化系统；

图 5 是根据本发明另一实施例的用于频率控制的简化系统。

### 具体实施方式

本发明涉及集成电路。更具体地说，本发明提供了一种用于控制频率变化的系统和方法。本发明仅仅是以示例的方式被应用于电源变换器。但是应当认识到，本发明具有更广阔的应用范围。

图 1 是根据本发明实施例的用于控制频率变化的简化系统。该图仅仅是一个示例，它不应不适当地限制权利要求的范围。本领域的普通技术人员将认识到许多变化形式、替代物和修改形式。系统 100 包括伪随机信号发生器 110、N 位数模转换器 120、信号发生器 140 和脉宽调制（PWM）发生器 160。虽然使用了选定的一组部件来示出系统 100，但是可以有許多替代物、修改形式和变化形式。例如，一些部件可以被扩展和/或被合并。可以在上面提到的部件中插入其他部件。取决于实施例，部件的安排可以交换，另一些部件可以被替代。例如，PWM 发生器 160 被用于至少接收信号发生器 140 的输出信号的另一个部件所代替。这些部件的进一步

细节可在本说明书中找到，下面会更具体地描述。

伪随机信号发生器 110 向 N 位数模 (D/A) 转换器 120 输出数字信号 130。在一个示例中，伪随机信号发生器 110 包括 m 级 M 序列发生器，其中 m 是正整数。在另一个示例中，N 是正整数。D/A 转换器 120 基于数字信号 130 产生控制信号 132。在一个实施例中，控制信号 132 是在电流域中。在另一个实施例中，控制信号是在电压域中。在一个示例中，控制信号 132 是由数字信号 130 调制的。在另一个示例中，控制信号 132 是伪随机信号。在另一个示例中，伪随机信号发生器 110 和 N 位 D/A 转换器 120 构成时钟随机信号发生器。

控制信号 132 由信号发生器 140 接收。举例来说，信号发生器 140 是输出信号发生器。信号发生器 140 基于控制信号 132 输出时钟信号 150 和锯齿信号 152。在一个实施例中，信号发生器 140 包括振荡器。在一个示例中，振荡器是压控振荡器 (VCO)。在另一个示例中，振荡器是流控振荡器 (ICO)。利用控制信号 132 关于时间来调制振荡频率。例如，对于预定的时间周期，振荡频率在中值频率周围被随机化。

时钟信号 150 和锯齿信号 152 被 PWM 发生器 160 接收。此外，时钟信号 150 还被伪随机信号发生器 110 接收。在一个实施例中，PWM 发生器 160 还接收电压反馈信号 162 和电流取样信号 164，并产生 PWM 信号 166。在一个示例中，PWM 信号 166 被用来接通或关断开关模式电源变换器中的电源开关。在另一个示例中，锯齿信号 152 被用于开关模式电源变换器中的斜率补偿。在另一个示例中，时钟信号 150 被用于确定开关模式电源变换器的开关频率。在一个实施例中，开关模式电源变换器是离线电源变换器。在另一个实施例中，电源变换器在电流模式下工作。

图 2 是示出了根据本发明实施例的频率变化的简化示图。该图仅仅是一个示例，它不应不适当地限制权利要求的范围。本领域的普通技术人员将认识到许多变化形式、替代物和修改形式。如图 2 所示，频率 f 随着时间 t 的变化而改变。例如，频率 f 在最大频率  $f_{\max}$  和最小频率  $f_{\min}$  之间且在中值频率  $f_{\text{mean}}$  周围变化。在一个示例中，调频指数  $M_f$  定义如下：

$$M_f = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{f_{\max} + f_{\min}} \quad (\text{等式 1})$$

例如， $f_{\max}$  和  $f_{\min}$  之间的差是由伪随机信号发生器 110 和 N 位 D/A 转换器 120 产生的控制信号 132 的大小来确定的。在一个实施例中，频率  $f$  代表由信号发生器 140 产生的时钟信号 150 的频率。在另一个实施例中，频率  $f$  代表由 PWM 发生器 160 控制的开关模式电源变换器的开关频率。因此，根据本发明的实施例，电磁干扰（EMI）功率是在一个频率范围内扩展的而不是在单个频率  $f_{\text{mean}}$  上。

图 3 是根据本发明实施例的频率变化发生器的简化示图。该图仅仅是一个示例，它不应不适当地限制权利要求的范围。本领域的普通技术人员将认识到许多变化形式、替代物和修改形式。系统 300 包括  $m$  级  $M$  序列发生器 310 和  $N$  位数模（D/A）转换器 320。虽然使用了选定的一组部件来示出系统 300，但是可以有许多替代物、修改形式和变化形式。例如，一些部件可以被扩展和/或被合并。可以在上面提到的部件中插入其他部件。取决于实施例，部件的安排可以交换，另一些部件可以被替代。例如， $m$  级  $M$  序列发生器 310 被另一类型的伪随机信号发生器所代替。这些部件的进一步细节可在本说明书中找到，下面会更具体地描述。

$m$  级  $M$  序列发生器 310 包括线性反馈移位寄存器 330 和逻辑部件 340。线性移位寄存器 330 包括触发器 1、2、 $\dots$ 、 $m-1$  和  $m$ ，并且接收时钟信号 332。 $m$  是正整数。 $M$  序列发生器对于给定的  $m$  级提供最大长度伪随机数，从而使所需要的随机化最大化。响应于时钟信号 332，存储在一个触发器中的数据被从前级触发器传送过来的数据所替换。例如，存储在触发器 1 中的数据被传送到触发器 2，存储在触发器 2 中的数据被传送到触发器 3， $\dots$ ，并且存储在触发器  $m-1$  中的数据被传送到触发器  $m$ 。此外，存储在触发器 1 中的数据被逻辑部件 340 产生的输出信号 334 所代表的数据替换。

逻辑部件 340 从线性移位寄存器 330 的选定触发器中接收输入信号 342。例如，逻辑部件 340 包括处理设备。每个输入信号代表存储在对应触发器中的数据。根据预定逻辑来处理输入信号，并且逻辑部件产生输出信号 334。在一个实施例中，逻辑部件 340 包括异或（XOR）门。

$N$  位数模（D/A）转换器 320 接收数字信号。 $N$  是正整数。数字信号

包括信号 336, 信号 336 中的每个代表存储在 N 个触发器之一中的数据。所述 N 个触发器选自线性移位寄存器 330 的触发器。D/A 转换器 320 接收的数字信号代表 N 位二进制数据。每一位代表存储在 N 个触发器之一中的数据。此外, D/A 转换器 320 接收参考信号 332。参考信号 332 被用来确定最大信号级  $S_{\max}$  和最小信号级  $S_{\min}$ 。响应于所接收的数字信号, D/A 转换器 320 产生输出信号 324。输出信号 324 在从  $S_{\min}$  到  $S_{\max}$  的范围内。在一个示例中, 输出信号 324 是在电压域中。在另一个示例中, 输出信号 324 是在电流域中。

系统 300 具有多种应用。在一个实施例中, 系统 300 被用于系统 100。例如, m 级 M 序列发生器 310 是 m 级 M 序列发生器 110。D/A 转换器 320 是 D/A 转换器 120。时钟信号 332 是时钟信号 150, 并且输出信号 324 是控制信号 132。例如, 最大信号级  $S_{\max}$  和最小信号级  $S_{\min}$  分别对应于最大频率  $f_{\max}$  和最小频率  $f_{\min}$ 。

图 4 是根据本发明另一实施例的用于控制频率变化的简化系统。该图仅仅是一个示例, 它不应不适当地限制权利要求的范围。本领域的普通技术人员将认识到许多变化形式、替代物和修改形式。系统 400 包括伪随机信号发生器 410、N 位数模转换器 420、信号发生器 440、脉宽调制 (PWM) 发生器 460、取样系统 1410、补偿控制器 1420 和停滞时间 (dead-time) 控制器 1230。虽然使用了选定的一组部件来示出系统 400, 但是可以有许多替代物、修改形式和变化形式。例如, 一些部件可以被扩展和/或被合并。可以在上面提到的部件中插入其他部件。取决于实施例, 部件的安排可以交换, 另一些部件可以被替代。例如, PWM 发生器 460 被用于至少接收信号发生器 440 的输出信号的另一个部件所代替。这些部件的进一步细节可在本说明书中找到, 下面会更具体地描述。

伪随机信号发生器 410 向 N 位数模 (D/A) 转换器 420 输出数字信号 430。在一个示例中, 伪随机信号发生器包括 m 级 M 序列发生器, 其中 m 是正整数。在另一个示例中, N 是正整数。D/A 转换器 420 基于数字信号 430 产生控制信号 432。在一个实施例中, 控制信号 432 是在电流域中。在另一个实施例中, 控制信号是在电压域中。在一个示例中, 控制信号

432 是由数字信号 430 调制的。在另一个示例中，控制信号 432 是伪随机信号。在另一个示例中，伪随机信号发生器 410 和 N 位 D/A 转换器 420 构成时钟随机信号发生器。

控制信号 432 由信号发生器 440 接收。此外，信号发生器 440 分别从补偿控制器 1420 和停滞时间控制器 1230 接收控制信号 1222 和 1232。举例来说，信号发生器 440 是输出信号发生器。信号发生器 440 基于控制信号 432、1222 和 1232 来输出时钟信号 450 和锯齿信号 452。在一个实施例中，信号发生器 440 包括振荡器。在一个示例中，振荡器是压控振荡器（VCO）。在另一个示例中，振荡器是流控振荡器（ICO）。利用控制信号 432 关于时间来调制振荡频率。例如，对于预定的时间周期，振荡频率在中值频率周围被随机化。

时钟信号 450 和锯齿信号 452 被 PWM 发生器 460 接收。此外，时钟信号 450 还被伪随机信号发生器 410 接收。在一个实施例中，PWM 发生器 460 还接收电压反馈信号 462 和电流取样信号 464，并产生 PWM 信号 466。在一个示例中，PWM 信号 466 被用来接通或关断开关模式电源变换器中的电源开关。在另一个示例中，锯齿信号 452 被用于开关模式电源变换器中的斜率补偿。在另一个示例中，时钟信号 450 被用于确定开关模式电源变换器的开关频率。在一个实施例中，开关模式电源变换器是离线电源变换器。在另一个实施例中，电源变换器在电流模式下工作。

停滞时间控制器 1230 接收负载信号 1234，并生成控制信号 1232。负载信号 1234 表示开关模式变换器的输出负载水平。例如，负载信号 1234 包括随输出负载增大的控制电压。作为另一个示例，负载信号 1234 由反馈环产生。响应于负载信号 1234，停滞时间控制器 1230 向信号发生器 440 输出控制信号 1232。信号发生器 440 使用控制信号 1232 来进行频率控制。

取样系统 1410 接收输入电压 1224，并生成控制信号 1430。控制信号 1430 表示输入电压 1224 的大小。在一个实施例中，控制信号 1430 是在电流域中。在另一个实施例中，控制信号 1430 是在电压域中。控制信号 1430 被补偿控制器 1420 接收，该补偿控制器 420 生成作为其响应的控制

信号 1222。

控制信号 1222 被信号发生器 440 接收。例如，信号发生器 440 包括振荡器。在另一个示例中，信号发生器 440 输出下述锯齿信号 452：该作为时间函数的斜坡信号 452 的信号强度的斜率基于控制信号 1222 而被调节。此外，信号发生器 440 输出时钟信号 450。例如，时钟信号 450 具有与锯齿信号 452 相同的频率。在另一个示例中，时钟信号 450 被 PWM 发生器 460 用于控制开关模式电源变换器的开关频率。

如上所述，由 N 位数模转换器 420 产生的控制信号 432 和由停滞时间控制器 1230 产生的控制信号 1232 分别来控制时钟信号 450 的频率。例如，控制信号 432 确定时钟信号 450 的中值频率，而控制信号 1232 确定时钟信号 450 的频率变化，如图 2 所示的那样。

图 5 是根据本发明另一实施例的用于频率控制的简化系统。该图仅仅是一个示例，它不应不适当地限制权利要求的范围。本领域的普通技术人员将认识到许多变化形式、替代物和修改形式。系统 1700 包括频率变化发生器 1710、补偿器 1720、开关 1730、1732 和 1734、与非门 1740 和 1742、与门 1744、比较器 1750、1752 和 1754、反相器 1760 和 1762、电容器 1770 和 1772、电流源 1780、1782、1784、1786 和 1788。虽然使用了选定的一组部件来示出系统 1700，但是可以有许多替代物、修改形式和变化形式。例如，一些部件可以被扩展和/或被合并。可以在上面提到的部件中插入其他部件。取决于实施例，部件的安排可以交换，另一些部件可以被替代。这些部件的进一步细节可在本说明书中找到，下面会更具体地描述。

电容器 1770 分别通过开关 1730 (SH) 或开关 1732 (SL) 进行充电或放电。在放电阶段 ( $T_{\text{off}}$ ) 和充电阶段 ( $T_{\text{on}}$ ) 之间，可以通过保持开关 1730 和 1732 两者都断开而在  $T_{\text{on}}$  和  $T_{\text{off}}$  之间插入停滞时间  $T_{\text{dead}}$ 。比较器 1750 (A1) 和 1752 (A2) 的输出由 RS 触发器锁存。RS 触发器包括与非门 1740 (NAND1) 和 1742 (NAND2)。比较器 1750 (A1) 和 1752 (A2) 是箝压比较器，分别具有阈值电压 1840 ( $V_H$ ) 和 1842 ( $V_L$ )。在电容器 1770 的一端上的电压 1830 的电压范围等于阈值电压 1840 和 1842

之间的差。

电容器 1772 ( $C_g$ )、电流源 1784 ( $I_g$ )、开关 1734 (SG) 和比较器 1754 (A3) 被用于停滞时间调制。如果控制电压 1810 ( $V_{ctrl}$ ) 小于阈值电压 ( $V_{th\_g}$ )，则在电容器 1770 ( $C_0$ ) 的放电阶段 ( $T_{off}$ ) 结束后，电容器 1772 的一端处的电压 1814 开始从控制电压 1810 上升至阈值电压 1812。例如，电压 1814 的上升由电流源 1784 来支持。在放电期的结束处，开关 1734 断开。

当电压 1814 达到阈值电压 1812 时，由与门 1744 (AND1) 产生的信号 1820 被用于接通开关 1730 (SH)。随后，电容器 1770 的电压 1830 开始上升，并且充电阶段 ( $T_{on}$ ) 开始。在一个实施例中，停滞时间  $T_{dead}$  是开关 1730 和 1732 都断开的时期。在停滞时间期间，电压 1830 保持恒定。

如图 5 所示，停滞时间  $T_{dead}$  在控制电压 1810 ( $V_{ctrl}$ ) 小于阈值电压 ( $V_{th\_g}$ ) 的情况下正比于  $V_{th\_g}$  和  $V_{ctrl}$  之间的差。例如，在  $V_{ctrl}$  小于  $V_{th\_g}$  的情况下  $T_{dead}$  随着  $V_{ctrl}$  减小而增大。电压 1830 的振荡频率随着  $V_{ctrl}$  减小而减小。例如，控制电压 1810 ( $V_{ctrl}$ ) 表示开关模式变换器的输出负载水平。在另一示例中， $V_{ctrl}$  随着输出负载增大而增大。在另一个示例中， $V_{ctrl}$  由反馈环产生。如果  $V_{ctrl}$  大于等于  $V_{th\_g}$ ，则停滞时间  $T_{dead}$  等于零。

在另一个实施例中， $V_{th\_g}$  对应于阈值输出负载，并且  $V_{ctrl}$  随着输出负载而变化。例如， $V_{ctrl}$  随着输出负载增大而增大。如图 5 所示，在输出负载小于该阈值输出负载的情况下， $T_{dead}$  随着输出负载的减小而增大。举例来说，如果输出负载小于所述阈值输出负载但大于另一阈值输出负载，则  $T_{dead}$  随着输出负载减小而增大。如果输出负载大于等于所述阈值输出负载，则停滞时间  $T_{dead}$  等于零。

在另一个实施例中，充电时间  $T_{on}$  和放电时间  $T_{off}$  每个相对于  $V_{ctrl}$  都是恒定的。举例来说， $V_{ctrl}$  随着输出负载变化。充电时间  $T_{on}$  和放电时间  $T_{off}$  每个相对于输出负载都是恒定的。

在另一个实施例中，充电阶段、放电阶段和停滞时间阶段的时间周期如下确定：

$$T_{on} = \frac{(V_H - V_L) \times C_0}{I_C + I_{CM}} \quad (\text{等式 2})$$



$$T_{off} = \frac{(V_H - V_L) \times C_0}{I_D + I_{DM}} \quad (\text{等式 3})$$

$$T_{dead} = \frac{(V_{th\_g} - V_{ctrl}) \times C_g}{I_g} \quad \text{如果 } V_{th\_g} > V_{ctrl} \quad (\text{等式 4})$$

$$T_{dead} = 0 \quad \text{如果 } V_{th\_g} \leq V_{ctrl} \quad (\text{等式 5})$$

其中， $T_{on}$ 、 $T_{off}$  和  $T_{dead}$  分别是充电阶段、放电阶段和停滞时间阶段的时间周期。 $T_{on}$  取决于电流源 1780 ( $I_C$ ) 与 1786 ( $I_{CM}$ ) 的和以及阈值电压 1840 ( $V_H$ ) 与 1842 ( $V_L$ ) 之间的差。 $T_{off}$  取决于电流源 1782 ( $I_D$ ) 与 1788 ( $I_{DM}$ ) 的和。举例来说，电流源 1786 ( $I_{CM}$ ) 和 1788 ( $I_{DM}$ ) 是压控电流源。此外，电压 1830 的频率  $F_S$  如下定义：

$$F_s = \frac{1}{T_{on} + T_{off} + T_{dead}} \quad (\text{等式 6})$$

如图 5 所示，电流源 1786 ( $I_{CM}$ ) 和 1788 ( $I_{DM}$ ) 被来自频率变化发生器 1710 的控制信号 1860 和 1862 调制。如果  $V_{th\_g} \leq V_{ctrl}$ ，则频率  $F_S$  被频率变化发生器 1710 调制。如果  $V_{th\_g} > V_{ctrl}$ ，则频率  $F_S$  被频率变化发生器 1710 和用于停滞时间控制的部件所调制。

在一个实施例中，控制信号 1860 和 1862 每个表示伪随机信号。因此，电流源 1786 ( $I_{CM}$ ) 和 1788 ( $I_{DM}$ ) 由所述伪随机信号所控制。基于等式 2-6，由伪随机信号调制开关模式电源变换器的开关频率。

在一个实施例中，频率变化发生器 1710 包括如图 1 所示的伪随机信号发生器 110 和 N 位数模转换器 120。在另一个实施例中，频率变化发生器 1710 包括如图 3 所示的 m 级 M 序列发生器 310 和 N 位数模转换器 320。在另一个实施例中，频率变化发生器 1710 包括如图 4 所示的伪随机信号发生器 410 和 N 位数模转换器 420。

电流源 1780 ( $I_C$ ) 和 1782 ( $I_D$ ) 以及阈值电压 1840 ( $V_H$ ) 和 1842 ( $V_L$ ) 被补偿器 1720 调制。补偿器 1720 接收输入电压 1850。如图 5 所示，电压 1830 在充电阶段 ( $T_{on}$ ) 期间随着时间以一个斜率增大，而在放电阶段 ( $T_{off}$ ) 期间随着时间以另一个斜率减小。两个斜率都随着输入电压 1850 而变化。在一个示例中，这些斜率随着预定电压范围内的输入电压

1850 而变化。在另一个示例中，这些斜率相对于控制电压 1810 ( $V_{ctrl}$ ) 是恒定的，但是相对于输入电压 1850 是变化的。

如上所述以及这里进一步强调的，图 5 仅仅是一个示例，它不应不适当地限制权利要求的范围。本领域的普通技术人员将认识到许多变化形式、替代物和修改形式。在一个实施例中，电压 1830 被用作锯齿信号，信号 1820 被用作时钟信号。例如，锯齿信号和时钟信号被 PWM 发生器接收。PWM 发生器使用锯齿信号来提供斜率补偿。例如，斜率补偿率是恒定的，与输入电压 1850 无关。此外，PWM 发生器使用时钟信号来控制开关频率。

如上所述，通过利用控制信号 1860 和 1862 改变电流源 1786 ( $I_{CM}$ ) 和 1788 ( $I_{DM}$ ) 来调制频率  $F_s$ 。电流源 1786 ( $I_{CM}$ ) 和 1788 ( $I_{DM}$ ) 还影响电压 1830 的斜率。例如，电压 1830 被用作提供斜率补偿的锯齿信号。如果频率调制很小，则斜率改变对环路稳定性的影响可以忽略。

在另一个实施例中，系统 1700 被用作系统 400。例如，电压 1830 是锯齿信号 452，并且信号 1820 是时钟信号 450。在另一个示例中，补偿器 1720 包括取样系统 1410 和补偿控制器 1420。在另一个示例中，控制电压 1810 是负载信号 1234。在另一个示例中，输入电压 1850 是输出电压 1224。在另一个实施例中，至少系统 1700 的一部分被用作系统 100。例如，电压 1830 是锯齿信号 152，并且信号 1820 是时钟信号 150。在另一个实施例中，系统 100、300 和 1700 是电源变换器的一部分。

根据本发明的另一个实施例，一种用于为电源变换器提供频率控制的方法包括产生数字信号。所述数字信号包含至少 N 位数据，其中 N 是正整数。此外，所述方法包括：接收所述数字信号，处理与所述数字信号相关联的信息，以及至少基于与所述数字信号相关联的信息来产生第一控制信号。所述第一控制信号是模拟信号。并且，所述方法包括：接收所述第一控制信号，处理与所述第一控制信号相关联的信息，以及至少基于与所述第一控制信号相关联的信息来至少产生与频率有关的第一输出信号。所述 N 位数据代表伪随机数。例如，所述方法可以由系统 100、300、400 和/或 1700 来执行。

根据本发明的另一个实施例，一种用于提供伪随机信号的方法包括：从移位寄存器接收多个信号，处理与所述多个信号相关联的信息，以及至少基于与所述多个信号相关联的信息来产生第一输入信号。此外，所述方法包括：由所述移位寄存器接收所述第一输入信号和第二输入信号，处理与所述第一输入信号和所述第二输入信号相关联的信息，以及至少基于与所述第一输入信号和所述第二输入信号相关联的信息，通过 M 序列过程来产生数字信号。例如，M 序列发生器对于给定的 m 级提供最大长度伪随机数，从而使所需要的随机化最大化。并且，所述方法包括：处理与所述数字信号相关联的信息，以及至少基于与所述数字信号相关联的信息来产生与信号强度有关的模拟信号。所述数字信号代表至少 N 位数据，其中 N 是正整数。所述 N 位数据代表伪随机数。例如，所述方法可以由系统 100、300、400 和/或 1700 来执行。

本发明具有多种优点。本发明的一些实施例可以减小开关模式电源变换器的电磁干扰。举例来说，开关模式电源变换器是离线电源变换器。本发明的某些实施例为开关模式电源变换器提供开关频率变化。本发明的一些实施例避免了开关模式电源变换器中固定频率和谐波上的强单音信号。本发明的某些实施例可以在开关模式电源变换器的频率范围内扩展电磁干扰的功率。例如，开关频率的随机化可以使 EMI 功率谱在中值开关频率周围和高次谐波的频带内基本均匀。本发明的一些实施例根据调频指数  $M_f$  来提供频率变化。举例来说，调频指数  $M_f$  由开关模式电源变换器的 EMI 要求来确定。

本发明的某些实施例将数字电路用于频率变化。数字电路是便携式的，并且可以被方便地移植用于不同的集成电路制造过程。本发明的一些实施例利用伪随机信号为时钟信号提供频率变化。举例来说，伪随机信号是 M 序列信号。本发明的某些实施例使用频率变化控制器，频率变化控制器包括 m 级 M 序列发生器和 N 位数模转换器。举例来说，m 级 M 序列发生器包括 m 级线性移位寄存器。在另一个示例中，数模转换器在电压模式或电流模式下工作。在另一个示例中，数模转换器的输出被用来控制开关模式电源变换器中的振荡器的频率变化。在另一个示例中，由振荡器产生

的时钟信号被馈送到线性移位寄存器中。

本发明的一些实施例使用由电压信号或电流信号控制的振荡器。举例来说，控制信号是由频率变化发生器和/或停滞时间控制器产生的。在另一个示例中，振荡器产生时钟信号和锯齿信号。时钟信号和锯齿信号不具有恒定的频率。该频率是随机化的并且随着时间的变化而逐渐移动。在另一个示例中，由伪随机信号来调制振荡器中的充放电电流。经调制的充放电电流确定振荡频率，进而确定开关模式电源变换器中的开关频率。

虽然已经描述了本发明的具体实施例，但是本领域的技术人员将理解，存在与所描述的实施例等同的其他实施例。因此，本发明不应被理解为仅限于具体示出的实施例。本发明仅由权利要求的范围限定。

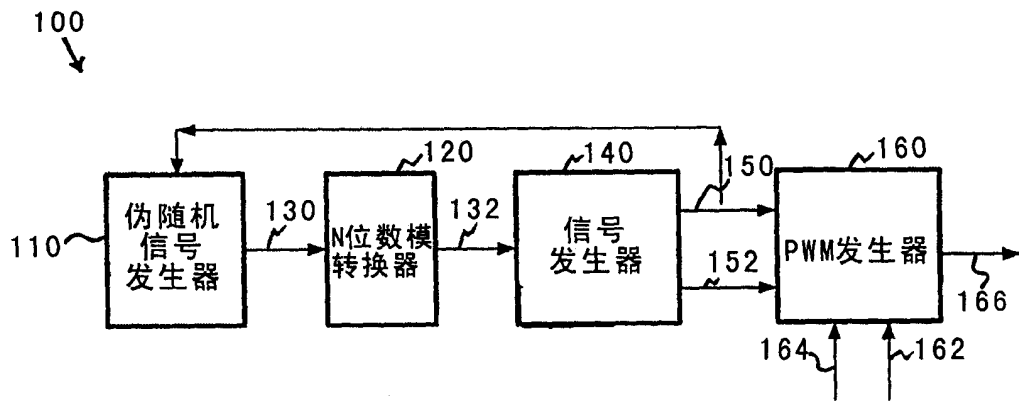


图1

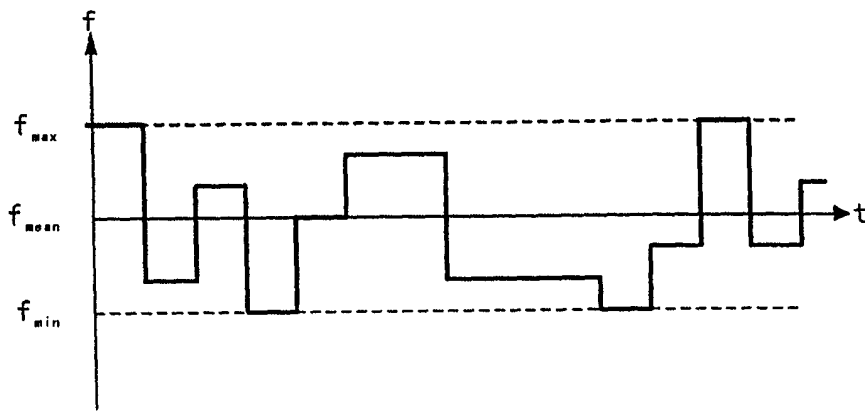


图2

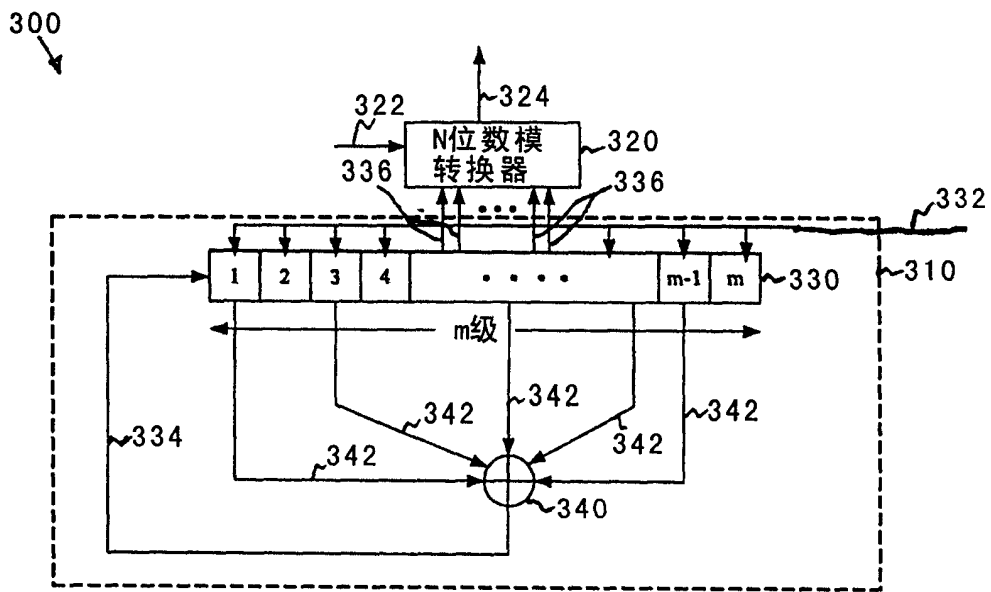


图3

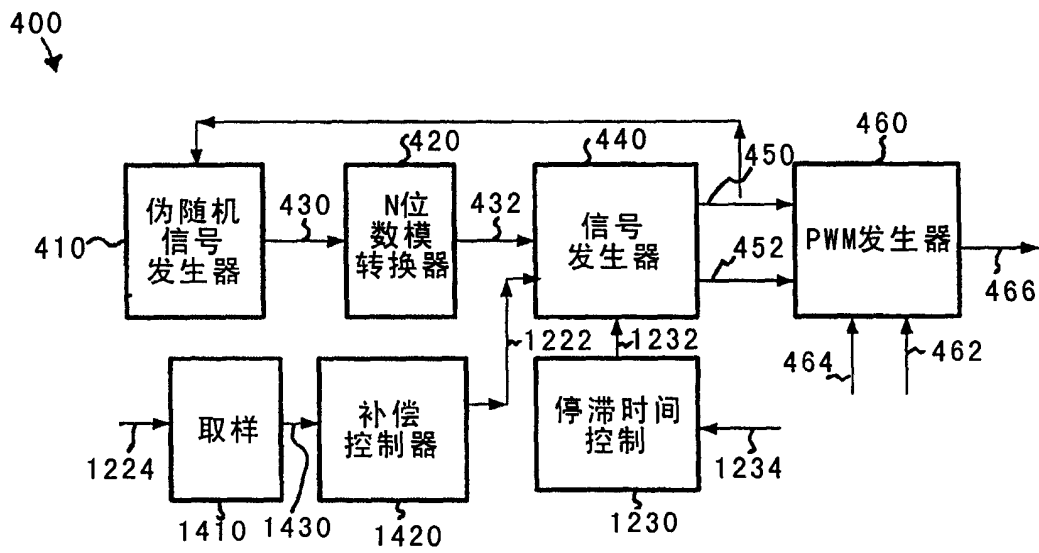


图4



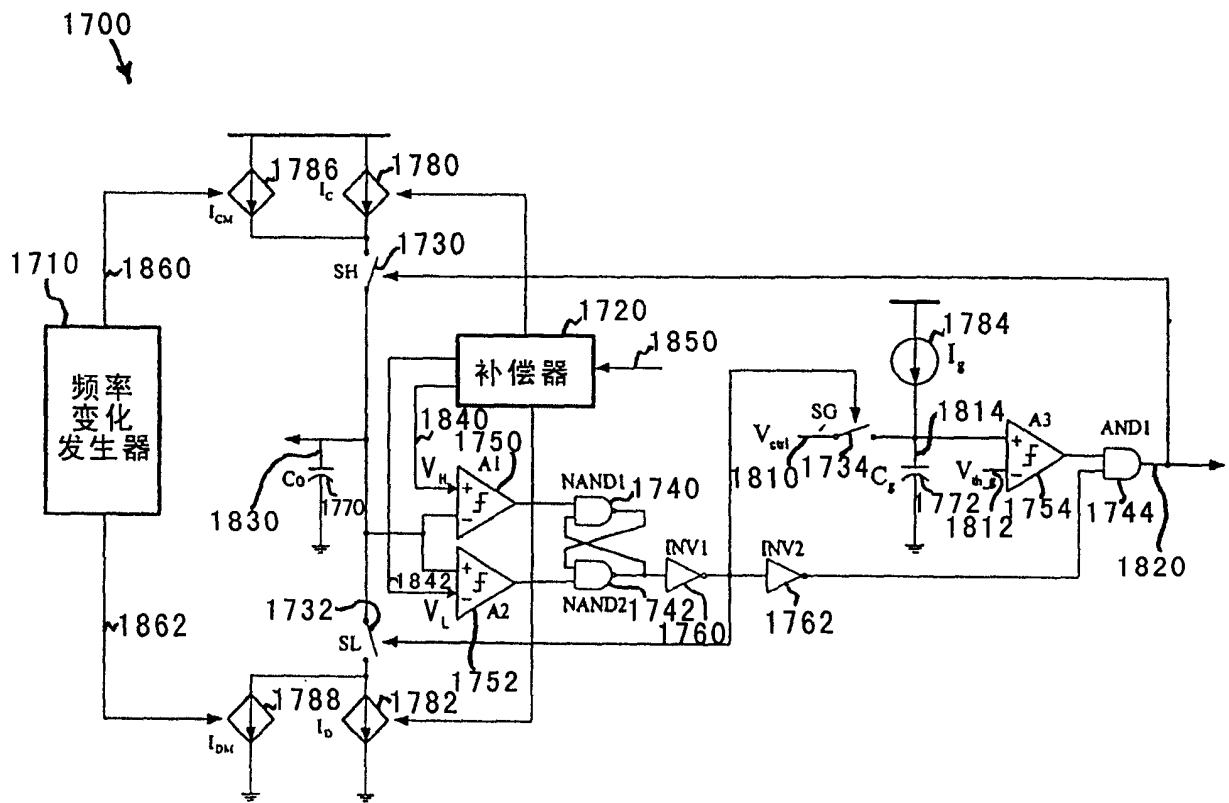


图5