



[12] 实用新型专利说明书

[21] ZL 专利号 200320100620. X

[45] 授权公告日 2005 年 5 月 25 日

[11] 授权公告号 CN 2702526Y

[22] 申请日 2003. 11. 12

[21] 申请号 200320100620. X

[30] 优先权

[32] 2002. 11. 12 [33] US [31] 60/425,553

[32] 2003. 3. 14 [33] US [31] 10/389,037

[73] 专利权人 美国凹凸微系有限公司

地址 美国加利福尼亚

[72] 设计人 拉兹洛·利普赛依

肖邦·米哈依·庞贝斯库

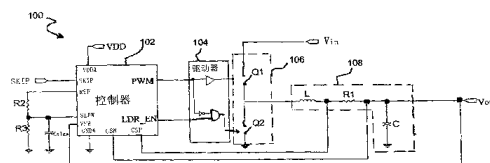
[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所
代理人 付建军

权利要求书 7 页 说明书 11 页 附图 4 页

[54] 实用新型名称 用于直流/直流转换器的控制器

[57] 摘要

本实用新型提供一种直流/直流转换器的控制器，该控制器被构造来在第一时间间隔内、根据直流/直流转换器的一个输入电压减去一个表示其输出电压信号的电压的差值、提供第一状态下的 PWM 信号。该控制器还可根据将它的一个能量储存元件充电至一个预先设定的门限电平所需要的时间、提供第一状态下的 PWM 信号。当能量储存元件被完全放电时，该控制器还提供一个相关电感的零值电感电流电平估计器。该控制器还可以是一个对时间脉冲计数从而提供 PWM 信号的数字控制器。本实用新型还提供了一种包括该控制器的直流/直流转换器。



1.一种用于把一个输入电压转换为一个输出电压的直流/直流转换器的控制器，其特征在于，所述控制器包括：

用于提供表示输入电压的第一信号的第一信号提供单元；

用于提供表示输出电压信号的第二信号的第二信号提供单元；

用于提供所述第一信号减去第二信号的差值的减法单元；

从而，所述控制器利用所述差值，在第一时间间隔内提供一个第一状态下的 PWM(脉宽调制)信号。

2.根据权利要求 1 所述的控制器，其特征在于，所述第二信号提供单元是提供一个表示所述需要的输出电压电平的目标电压的单元。

3. 根据权利要求 1 所述的控制器，其特征在于，所述第二信号提供单元是提供所述输出电压的单元。

4. 根据权利要求 1 所述的控制器，其特征在于，所述控制器利用所述 PWM 信号的所述第一状态驱动一对开关至一个开关闭合状态，且在所述开关闭合期间一个相应电感上的电流电平增加。

5. 根据权利要求 1 所述的控制器，其特征在于，所述控制器还根据所述第二信号，在第二时间间隔内第二状态下提供所述 PWM 信号。

6. 根据权利要求 5 所述的控制器，其特征在于，所述控制器利用所述 PWM 信号的所述第二状态驱动一对开关至开关断开状态，且在所述开关断开期间一个相应电感上的电流电平减小。

7. 根据权利要求 1 所述的控制器，其特征在于，所述控制器还提供具有使能状态和无效状态的低侧使能信号，当所述低侧使能信号处于所述使能状态时，所述 PWM 信号控制一对开关的一个低侧开关。

8. 根据权利要求 7 所述的控制器，其特征在于，如果所述使能信号处于所述无效状态时，所述低侧开关为断开。

9. 根据权利要求 1 所述的控制器，其特征在于，所述控制器还包括：

一个提供第一电流电平的第一电流源；

一个提供第二电流电平的第二电流源；和

由一个充电电流在所述第一时间间隔内充电的一个能量储存元件，所述充电电流等于所述第二电流电平减去所述第一电流电平。

10. 根据权利要求 9 所述的控制器，其特征在于，所述第一电流源是提供与表示一个所述输出电压的需要电平的目标输出电压成一定比例的所述第一电流电平的电流源，且所述第二电流源是提供与所述输入电压成一定比例的所述第二电流电平的电流源。

11. 根据权利要求 9 所述的控制器，其特征在于，所述第一电流源是提供与所述输出电压成一定比例的所述第一电流电平的电流源，且所述第二电流源是提供与所述输入电压成一定比例的所述第二电流电平的电流源。

12. 根据权利要求 9 所述的控制器，其特征在于，所述能量储存元件包括一个电容。

13. 根据权利要求 9 所述的控制器，其特征在于，所述控制器

利用所述 PWM 信号的所述第一状态驱动一对开关至开关闭合状态，且在所述开关闭合期间一个相应电感上的电流电平增加。

14. 根据权利要求 13 所述的控制器，其特征在于，所述第一时间间隔具有一个起始时间和一个结束时间，所述起始时间开始于所述能量储存元件上的电压为零时，所述结束时间开始于所述能量储存元件上的电压达到一个预先设定电压门限。

15. 根据权利要求 14 所述的控制器，其特征在于，所述起始时间与所述相应电感的零电流电平相对应。

16. 根据权利要求 9 所述的控制器，其特征在于，所述能量储存元件在第二时间间隔内放电，所述控制器在所述第二时间间隔内第二状态下提供所述 PWM 信号。

17. 根据权利要求 16 所述的控制器，其特征在于，所述控制器利用所述 PWM 信号的所述第二状态驱动一对开关至开关断开状态。

18. 根据权利要求 17 所述的控制器，其特征在于，在所述第二时间间隔内一个相应电感上的电流电平下降，且与所述第一电流源的电压电平的下降成一定比例。

19. 根据权利要求 16 所述的控制器，其特征在于，在第二时间间隔内所述能量储存元件通过所述第一电流源提供的所述第一电流电平、以第一放电速率放电。

20. 根据权利要求 19 所述的控制器，其特征在于，所述控制器还包括：

一个与所述输出电压成一定比例且提供第三电流电平的第三电

流源，所述第三电流电平大于所述第一电流电平，且在第二时间间隔内所述能量储存元件通过所述第一电流源和所述第三电流源以第二放电速率放电，所述第二放电速率大于所述第一放电速率。

21. 根据权利要求 19 所述的控制器，其特征在于，所述控制器还包括一个在第二时间间隔内闭合、且以第二放电速率对能量储存元件放电的开关。

22. 根据权利要求 16 所述的控制器，其特征在于，所述第二时间间隔具有一个起始时间和一个结束时间，所述起始时间开始于能量储存元件上的电压达到一个预先设定电压门限时，所述结束时间开始于能量储存元件上的电压为零时。

23. 根据权利要求 9 所述的控制器，其特征在于，所述控制器还包括一个输出判定电路，所述输出判定电路根据所述能量储存元件上的电压提供所述 PWM 信号。

24. 根据权利要求 23 所述的控制器，其特征在于，所述输出判定电路包括：一个与门和一个触发器，所述与门具有一个与所述触发器的一个设置引脚相连的输出端，且所述触发器的一个输出端提供所述 PWM 信号。

25. 根据权利要求 9 所述的控制器，其特征在于，所述控制器还提供一个具有使能状态和无效状态的低侧使能信号，当所述低侧使能信号处于所述使能状态时，所述 PWM 信号控制一对开关的一个低侧开关。

26. 根据权利要求 25 所述的控制器，其特征在于，如果所述使能信号处于所述无效状态时，所述低侧开关为断开。

27. 根据权利要求 1 所述的控制器，其特征在于，所述控制器包括一个在所述第一时间间隔内提供所述第一状态下的 PWM 信号的选通时间单触发电路。

28. 根据权利要求 27 所述的控制器，其特征在于，所述控制器还包括一个控制所述第一时间间隔的延迟电路。

29. 根据权利要求 28 所述的控制器，其特征在于，所述延迟电路包括：

一个计数脉冲并提供一个表示计数数目的计数器输出信号的计数器；

一个接收所述计数器输出信号且比较所述计数器输出信号与一个预先设定的倍数的数字比较器，一旦所述计数器输出信号达到预先设定的倍数，所述数字比较器就结束所述第一时间间隔。

30. 根据权利要求 28 所述的控制器，其特征在于，所述预先设定的倍数由一个查找表提供。

31. 根据权利要求 30 所述的控制器，其特征在于，所述查找表根据一个相应的所述输入电压电平和一个相应的目标电压电平提供多个所述预先设定的倍数中的一个。

32. 根据权利要求 27 所述的控制器，其特征在于，所述控制器还包括一个低侧驱动单触发电路，所述电路提供一个具有一个使能状态和一个无效状态的低侧使能信号，当所述低侧使能信号处于所述使能状态时，所述 PWM 信号控制一对开关的一个低侧开关。

33. 根据权利要求 28 所述的控制器，其特征在于，如果所述使

能信号处于所述无效状态，则所述低侧开关为断开。

34. 一种把输入电压转换为输出电压的直流/直流转换器，其特征在于，所述直流/直流转换器包括：

一个根据一个表示所述输入电压的第一信号减去一个表示所述输出电压信号的第二信号的差值，在第一时间间隔内提供一个第一状态下的 PWM 信号的控制电路；

一个接收至少所述 PWM 信号且提供一个开关驱动信号的驱动器电路；

一对包括一个高侧开关和一个低侧开关的开关，响应所述开关驱动信号驱动所述对开关至一个开关闭合状态，在所述开关闭合状态下、所述 PWM 信号处于所述第一状态、所述高侧开关闭合且所述低侧开关为断开；和

一个与所述对开关的一个输出端相连的电感，在所述开关闭合状态下所述电感上的电流电平增加。

35. 根据权利要求 34 所述的直流/直流转换器，其特征在于，所述控制电路还在第二时间间隔内根据所述第二信号提供在第二状态下的所述 PWM 信号，所述驱动器电路响应所述在所述第二状态下的 PWM 信号、驱动所述对开关至一个开关断开状态，在所述开关断开状态下、所述高侧开关断开且所述低侧开关闭合，在所述开关断开状态下所述电感上的电流电平减小。

36. 根据权利要求 34 所述的直流/直流转换器，其特征在于，所述控制电路还提供一个具有一个使能和一个无效状态的低侧使能信号，当所述低侧使能信号处于所述使能状态时，所述 PWM 信号控制所述低侧开关。

37. 根据权利要求 36 所述的直流/直流转换器，其特征在于，所

述低侧开关断开与所述低侧使能信号的所述无效状态相对应。

38. 根据权利要求 34 所述的直流/直流转换器，其特征在于，所述控制器还包括：

一个提供第一电流电平的第一电流源；

一个提供第二电流电平的第二电流源； 和

由一个充电电流在所述第一时间间隔内充电的一个能量储存元件，所述充电电流等于所述第二电流电平减去所述第一电流电平。

39. 根据权利要求 38 所述的直流/直流转换器，其特征在于，所述能量储存元件包括一个电容。

40. 根据权利要求 38 所述的直流/直流转换器，其特征在于，所述第一时间间隔具有一个起始时间和一个结束时间，所述起始时间开始于所述能量储存元件上的电压为零时，所述结束时间开始于所述能量储存元件上的电压达到一个预先设定电压门限，且所述起始时间与所述电感的零电流电平相对应。

41. 根据权利要求 34 所述的直流/直流转换器，其特征在于，所述控制器包括一个在所述第一时间间隔内提供在所述第一状态下的所述 PWM 信号的选通时间单触发电路。

用于直流/直流转换器的控制器

技术领域

本实用新型涉及用于直流/直流转换器的控制器，更具体的是涉及用于控制电感电流电平而不需直接测量该电流电平的控制器。本申请要求美国临时申请号为 No.60/425,553、提交于 2002 年 11 月 12 日的申请的权益，其教义在此被引作参考。

技术背景

直流/直流转换器用来把一个输入直流电压转换为一个输出直流电压。该类转换器可以降低或升高输入直流电压。一种降压型转换器为同步降压型转换器。该转换器通常有一个控制器、驱动器、一对开关和一个与该对开关相连的电感电容（LC）滤波器。该控制器提供一个控制信号给驱动器，从而驱动该对开关，例如一个高侧开关和一个低侧开关。该驱动器交替地闭合和断开每个开关，从而控制电感电流和直流/直流转换器的输出电压。该控制器通常利用一个脉宽调制信号来控制高侧和低侧开关的状态。

通常，如果 PWM(脉宽调制)信号为高电平，则高侧开关为闭合（ON）且低侧开关为断开（OFF）。此开关状态在此称为“开关闭合”（switch ON）状态。在该状态，电感与输入电压源相连。对于降压型转换器，输入电压必定大于输出电压，因此在该开关闭合状态，电感上有一个净正电压。因此，电感电流开始斜线上升。如果 PWM(脉宽调制)信号为低电平，则高侧开关为断开（OFF）且低侧开关为闭合（ON）。此开关状态在此称为“开关断开”（switch OFF）状态。对于降压型转换器，在此开关断开状态电感上有一个净负电压。因此，电感电流在该开关断开状态开始斜线下降。从而，PWM(脉宽调制)信号的脉冲宽度决定开关闭合状态的闭合时间和开

关断开状态的断开时间。该脉冲宽度可以通过一个检测电阻或比较输出电压和参考电压电平方式直接监视电感电流电平来调制。

因此，在本领域中对于用于直流/直流转换器的控制器就存在一种需要，即根据直流/直流转换器的输入电压减去表示输出电压的信号的值，在第一时间间隔内提供一个 PWM(脉宽调制)信号。

实用新型内容

基于本实用新型的用于直流/直流转换器的控制器是用来把一个输入电压转换为一个输出电压。该控制器根据表示输入电压的第一信号减去表示输出电压信号的第二信号的值，在第一状态下第一时间间隔内提供一个 PWM(脉宽调制)信号。

在一个实施例中，该控制器可包括一个用于提供第一电流电平的第一电流源，和一个用于提供第二电流电平的第二电流源。该控制器还可包括一个能量存储元件，该能量存储元件由一个等于第二电流电平减去第一电流电平的充电电流在第一时间间隔内进行充电。

在另一个实施例，该控制器可包括一个用来在第一状态下第一时间间隔内提供一个 PWM(脉宽调制)信号的选通时间单触发电路 (on-time one shot circuit)。

在本实用新型的另一个实施例中，还提供了一个用来把输入电压转换为输出电压的直流/直流转换器。该直流/直流转换器包括：一个根据表示输入电压的第一信号减去表示输出电压信号的第二信号、用来在第一状态下第一时间间隔内提供一个 PWM(脉宽调制)信号的控制器；一个用来接收至少该 PWM(脉宽调制)信号且提供一个开关驱动信号的驱动电路；一对包括一个高侧开关和一个低侧开关的开关，该开关响应该开关驱动信号来驱动该对开关处于开关闭合状态，在该开关闭合状态时高侧开关闭合、低侧开关断开、且该 PWM(脉宽调制)信号处于第一状态；和一个与该对开关的输出相连接的电感，其中在开关闭合状态下该电感上的电流电平增加。

附图说明

图 1A 所示为本实用新型的一种包括一个控制器的直流/直流转换器的框图；

图 2A 所示为用于图 1 的直流/直流转换器的控制器的一个实施例的框图；

图 2B 所示为描述图 2A 中控制器的能量存储元件的充电电平的变化和在相同的时间间隔内电感电流电平的相关变化的比较曲线图；

图 3 所示为用于图 1 的直流/直流转换器的控制器的另一个实施例的框图；和

图 4 所示为图 3 中的示范延迟电路的详细框图。

具体实施方式

根据本实用新型，图 1A 所示为一个包括一个控制器 102 的示范直流/直流转换器 100。该控制器 102 可以用于各种直流/直流转换器。所示直流/直流转换器 100 为一个同步降压型转换器，该转换器通常包括：控制器 102、一个驱动器电路 104、一对包括一个高侧开关 Q1 和一个低侧开关 Q2 的开关 106 和一个低通滤波器 108。该低通滤波器包括一个电感 L 和一个电容 C。

控制器 102 通常用于提供一个 PWM(脉宽调制)信号和低侧开关使能信号 (LDR_EN) 给驱动器电路 104。基于这些信号，驱动器电路 104 便能控制高侧开关 Q1 和低侧开关 Q2 的状态。

控制器 102 具有一个能设定需要的输出电压的目标输入引脚 SLEW。在图 1 的示范实施例中，压摆电容 (slew capacitor) C_{slew} 基于电阻分压器 R2/R3 中的电阻值和参考电压值 REF 充电。本领域的技术人员将知道给压摆电容充电且产生目标电压信号的各种方式。在该实施例中，电压从 0 摆动至根据压摆电容 C_{slew} 设定的一个值。一个任选的检测电阻 R1 可以用来提供一个表示流经电感 L 的电流电

平的反馈电压值给控制器 102 的引脚 CSN 和 CSP。另外控制器 102 的 VFB 引脚可以接收表示输出电压电平 V_{out} 的反馈信号。

122	LDR_EN=1		
	PWM=1	Q1 ON	开关闭合状态
		Q2 OFF	
	PWM=0	Q1 OFF	开关断开状态
124		Q2 ON	
	LDR_EN=0		
	PWM=1	Q1 ON	开关闭合状态
		Q2 OFF	
	PWM=0	Q1 OFF	跳过状态
		Q2 OFF	

表格 120

表格 120 所示为图 1A 中的高侧开关 Q1 和低侧开关 Q2 在各种 PWM(脉宽调制)信号和 LDR_EN 信号状态下的各个开关状态的示范表格。如果 LDR_EN 信号为表格 120 中列 122 的数字 1, 则 PWM(脉宽调制)信号的状态控制开关 Q1 和 Q2。例如, 在该列 122 中, 如果 PWM(脉宽调制)为数字 1, 则 Q1 为闭合 (ON) 且 Q2 为断开 (OFF)。该状态称为开关闭合状态。另外, 在该列 122 中, 如果 PWM(脉宽调制)为数字 0, 则 Q1 为断开 (OFF) 且 Q2 为闭合 (ON)。该状态称为开关断开状态。

相反, 如果 LDR_EN 信号为数字 0 且 PWM(脉宽调制)为数字 1, 则开关 Q1 和 Q2 处于开关闭合状态。但是, 如果 PWM 为数字 0, 则低侧开关 Q2 保持断开。如此, 高侧开关 Q1 和低侧开关 Q2 在跳过状态 (skip state) 或开关无效状态 (switch disable state) 都为断开 (OFF)。

电感 L 的一端与输出直流电压相连, 且另一开关端根据开关 Q1 和 Q2 的状态 (开关闭合或开关断开状态) 交替的与输入电压 V_{in} 或地相连。在开关闭合状态, 电感与输入电压 V_{in} 相连。忽略检测电阻

R1 上的很小的电压降，电感 L 两端的电压差等于 $V_{in}-V_{out}$ 。在一个降压型转换器中，输入电压 V_{in} 必定比输出电压 V_{out} 大，因此电感上有一个净正电压，且电感电流在开关闭合期间根据式 1 斜线上升。

$$(1) \, di/dt = (V_{in} - V_{out}) / L =)I/T_{on}$$

式 1 中， V_{in} 为直流/直流转换器的输入电压， V_{out} 为直流/直流转换器的输出电压， T_{on} 为开关 Q1 和 Q2 处于开关闭合状态的时间间隔，L 为电感 L 的值，且)I 为在 T_{on} 期间电感电流的变化。在开关断开期间，电感 L 上的电压与 V_{out} 成一定比例。在该例中的降压型转换器中，电感上存在一个净负电压且电感电流根据式 2 斜线下降。

$$(2) \, di/dt = (V_{out}) / L =)I/T_{off}$$

式 2 中， V_{out} 为直流/直流转换器的输出电压， T_{off} 为开关 Q1 和 Q2 处于开关断开状态的时间间隔，L 为电感 L 的值，且)I 为在 T_{off} 期间电感电流的变化。

图 2A 所示为用于图 1 中的直流/直流转换器的控制器 200 的一个实施例的更具体的框图。通常，控制器 200 基于表示输入电压的第一信号减去表示输出电压信号的第二信号，提供一个数字 1 的 PWM(脉宽调制)信号来将开关 Q1、Q2 置于开关闭合状态。该第二信号可以是一个目标电压电平信号，例如 V_{slew} ，或一个输出电压电平信号，例如 V_{out} 。通常，采用一个目标电压电平信号能产生更平滑的电流。在一个降压型转换器中，控制器 200 产生的 PWM(脉宽调制)信号的占空比通常反比于输入电压和输出电压或目标电压之间的差值。换句话说，随着该差值的增加，PWM(脉宽调制)信号的占空比就减小，从而减小开关 Q1 和 Q2 的“开关闭合”时间。相反，随着第一信号和第二信号之间的差值减小，PWM(脉宽调制)信号的占空比就增加，从而减小开关 Q1 和 Q2 的“开关断开”时间。

在图 2A 所示的实施例中，该控制通常由在第一时间间隔内给能量存储元件充电和在第二时间间隔内给能量存储元件放电来支配。在第一时间间隔内，PWM 输出信号为数字 1，因此开关 Q1 和 Q2 处于

开关闭合状态，且电感电流根据能量存储元件 202 上的电压成比例的升高。一旦能量存储元件 202 上的电压达到了预先设定的电压门限值，则 PWM 信号变为数字 0，因此开关被驱动为开关断开状态。从而，电感电流随着能量存储元件 202 上的电压的减小而成比例的减小。

控制器 200 通常包括不同的电流源 I1、I2 和 I3，这些电流源基于由比较器 CMP2、CMP3 和 CMP4 产生的各个比较电压，给能量存储元件 202 充电和放电。第一电流源 I1 与输出电压或目标电压成一定比例，例如 V_{slew} ，且用于提供一个第一电流电平。第二电流源 I2 与直流/直流转换器的输入电压成一定比例，且用于提供一个第二电流电平。最后，第三电流源 I3 与输出电压成一定比例，且用于提供一个第三电流电平，该第三电流电平通常大于第一电流电平，但并不必须大于。第三电流源 I3 并非必须。但是，它能滤除一个新 PWM 脉冲的寄生触发。如果没有采用第三电流源 I3，开关 S2 能直接给能量存储元件 202 放电。控制器 200 还可以包括一个输出判定电路 240 来提供 PWM 信号给开关驱动电路。

控制器 200 还可包括一个第一比较器 CMP1，该比较器用于比较能量存储元件 202 上的电压（例如电容 C1）与第二电压参考 V2。第二电压参考 V2 可以是一个额定电压，例如在一个实施例中为 20 毫伏，且与比较器 CMP1 的正极引脚相连，从而当能量存储元件 202 上的电压小于额定电压 V2 时，CMP1 提供一个高信号。

比较器 CMP1 的输出还可以和与非门 G1 相连。一个 SKIP 输入可以和与非门 G1 的另一个输入端相连。如果 SKIP 信号为 0，不管比较器 CMP1 的信号是什么，LDR_EN 信号为数字 1，从而 PWM 信号控制开关 Q1、Q2 的状态。但是如果 SKIP 信号为数字 1 且比较器 CMP1 的输出也为数字 1，则与非门 G1 的输出为数字 0。如此，如果 PWM 为数字 0，则开关 Q1 和 Q2 都被驱动为断开状态。

工作过程中，因为能量存储元件 202 上的电压被放电至地，能

量存储元件 202 上的电压初始设定为 0 伏，且输出判定电路 240 提供一个数字 0 的 PWM 信号。当控制器使能，SLEW 电压将从零开始增加到基于 R2 和 R3 的比值。比较器 CMP3 接着检测到 SLEW 电压大于表示输出电压 V_{out} 的反馈电压 VFB，因此提供一个数字 1 信号给输出判定电路 240 的与门 G2。

因为电感 L 没有电流流过，比较器 CMP4 不会检测到任何过电流状况，所以提供一个数字 1 信号给与门 G2。另外，因为能量存储元件 202 上的电压被放电至零伏，当比较该电压与额定电压门限 V_2 时，比较器 CMP1 的输出信号也同样为数字 1。如此，所有与门 G2 的输入信号都为数字 1，所以触发器 242 被触发。此时，PWM 信号变为数字 1 且开关 S1 闭合。

当开关 S1 闭合，能量存储元件 202 由一个等于第二电流源提供的第二电流电平减去第一电流源提供的第一电流电平的电流充电。有利的是，第一电流源提供的第一电流电平可以表示输出电压，例如，可以正比于例如 V_{out} 的输出电压值，或一个例如 V_{slew} 或 V_{target} 的目标电压电平。如此，能量存储元件 202 由一个与 $I(V_{in} - V_{out})$ 或 $(V_{in} - V_{slew})$ 成比例的电流电平充电。

能量存储元件 202 被充电直到达到预先设定的门限电压电平，例如 V_1 或一个实施例中的 2.5 伏。比较器 CMP2 把能量存储元件 202 上的电压与预先设定的门限电压值进行比较，并基于它们之间的差值产生一个输出信号给输出判定电路。如果能量存储元件 202 的电压达到预先设定的门限电压值 V_1 ，则比较器 CMP2 将输出一个数字 1 信号给触发器 242 的复位引脚 R 来复位触发器，从而触发器的输出 Q 变为数字 0，从而 PWM 信号也同样变为数字 0。

此时，开关 Q1 被断开，因为触发器输出 Q 为数字 0。如此，能量存储元件 202 由电流源 I2 放电。如果与门 G3 的输出为数字 1，则能量存储元件 202 将会加速放电。如果 PWM 信号为数字 0，上述情况就会发生，因此来自触发器 242 的 QB 引脚的与门 G3 的一个输入为数字 1。另外，如果反馈电压 VFB 信号小于 SLEW 电压，则来

自比较器 CMP3 的与门 G3 的另一个输入为数字 1。如此，与门 G3 的一个数字 1 将使得开关 S2 闭合。这样，第三电流源可以与能量存储元件 202 相连接来提供加速放电。在一个实施例中，电流源 I3 的值为 $10 \times I_{Vout}$ ，该值可以根据特定的能量存储元件 202 和其它参数调整，从而得到一个想要的加速放电电平。另外，第三电流源 I3 也可以由短路来代替，从而开关 S2 会把能量存储元件 202 放电至接地。

当 PWM 信号为数字 0，能量存储元件 202 上的电压电平会继续放电。根据比较器 CMP3 提供的 SLEW 电压和反馈电压 VFB 的比较，该放电可以是常规速度或加速。

一旦能量存储元件 202 上的电压电平被放电为小于额定门限值 V2 的一个值（因此比较器 CMP1 的输出为数字 1），且比较器 CMP3 和 CMP4 的输出都为数字 1，随着触发器的输出 Q 变为数字 1，便产生一个新 PWM 脉冲。

结合图 2A，图 2B 所示为随着时间变化能量存储元件 202 上的电压电平曲线 203。另外，曲线 205 为在相同的时间间隔内电感 L 上的电感电流电平。例如，在控制器 200 工作的起始时间（ t_0 ），能量存储元件上的电压为 0 伏。在第一时间间隔内或时间 t_0 和 t_1 之间的 T_{on} ，当 PWM 输出信号为数字 1，能量存储元件 202 上的电压电平线性增加直到达到预先设定的门限值 V1，例如在一个实施例中为 2.5 伏。

如此， t_0 和 t_1 之间的 T_{on} 取决于代表输入电压 V_{in} 的信号和代表输出电压 V_{out} 或 V_{target} 的信号之间差值，因为能量存储元件 202 在该时间间隔内，由一个与该差值成比例的电流（电流源 I2-I1）进行充电。 T_{on} 的持续时间还取决于门限电压值 V1 和能量存储元件 202 的电压值。其中能量存储元件为一个电容 C1，且第二电流源正比于 V_{out} ， T_{on} 的持续时间可以由如下式 3 得到：

$$(3) T_{on} = C1 \cdot V1 / I(V_{in} - V_{out})$$

其中 C1 为电容 C1 的值，V1 为预先设定的充电门限值（在一

个实施例中为 2.5 伏)，当第二电流源正比于 V_{out} 时， $I(V_{in} - V_{out})$ 为第二电流源 I_2 和第一电流源 I_1 之间的差值提供的充电电流值。

如果式 (3) 中的 T_{on} 用于式 (1) 的电感电流，则式 (1) 可以写为：

$$(4))I = (V_{in} - V_{out}) * (C1 * V1 / I(V_{in} - V_{out})) / L$$

因为 $(V_{in} - V_{out}) / I(V_{in} - V_{out})$ 为常量，则 I 也为常量，因为其它各项 (L 、 $V1$ 、和 $C1$) 也为常量。

如此，在 t_0 和 t_1 的 T_{on} 期间，电感电流随着能量存储元件 202 上的电压电平的上升成比例的上升。在 t_1 和 t_2 的第二时间间隔内，能量存储元件 202 上的电压电平由于放电而减小。与之相比较，在这段时间内，电感电流电平也减小。有利的是，当能量存储元件 202 上的电压达到零，例如在 t_2 时刻，则 t_2 时刻的电感电流也应该为零。如此，控制器 200 也提供一个电感电流零值估计器 (inductor current estimator)。

对于每个 PWM 脉冲，当初始电感电流为零且能量存储元件被完全放电时，跳过模式 (skipping mode) 被使能时 (当 SKIP 信号为数字 1)。当能量存储元件被放电至小于额定电压 V_2 ，比较器 CMP1 的输出变为数字 1。如果跳过模式被使能，则 LDR_EN 通过与非门 G1 被置成数字 0。因此当电感电流为零，Q2 的低侧开关和 Q1 的高侧开关变为断开。因此，电感 L 的开关侧将悬空。跳过模式有利于小负载状况，因为当负载使能量存储元件放电，就会开始一个新的 PWM 周期，从而减小 Q1 和 Q2 开关和导通损失。

图 3 所示为本实用新型的控制器 300 的另一个实施例。和图 1A 的实施例相同，控制器 300 根据相关直流/直流转换器的输入电压减去代表输出电压的信号 (例如 V_{out} 或 V_{target}) 的差值、提供一个 PWM 控制信号给相关的驱动器电路。但是，不是采用给能量存储元件充电和放电，控制器 300 实际上对时间段进行计数，并基于这些计数提供合适的 PWM 和 LDR_EN 信号。

例如，控制器 300 通常包括一个选通时间单触发电路（on-time one shot circuit）302、一个低侧驱动单触发电路（a low side driver one shot circuit）304、一个比较器 306、一个时间延迟电路 308 和一个或非门 310。时间延迟电路 308 可以是一个产生选通时间单触发电路 302 的再触发消隐电路。单触发电路 302 和 304 可以由输入信号下降沿触发。

理想情况下，单触发电路 302 的选通时间与直流/直流转换器的输入电压 V_{in} 与直流/直流转换器的输出目标电压 V_{target} 之间的差值成一定比例，且 T_{LDR} 与 V_{target} 成比例，如式（5）中所示：

$$(5) \quad \frac{T_{on}}{T_{LDR}} \cong \frac{V_{in} - V_{target}}{V_{target}}$$

实际上， T_{LDR} 通常选得比式（5）所得的短一点。有几种方式可以产生 T_{on}/T_{LDR} 。通常， V_{target} 可以是一个不变值或者一个可变的离散值。单触发电路 302 和 304 的延迟可以是基本时延的倍数的实际时延，例如，时延 T_o 可以由式（6）和（7）得到：

$$(6) \quad T_{on} = T_{o1} * M$$

$$(7) \quad T_{LDR} = T_{o2} * N$$

图 4 所示为一个示范延迟电路 400，其可产生一个想要的时延来使为选通时间单触发电路 302 保持合适选通时间。延迟电路 400 通常包括一个产生时间脉冲的振荡器 402、一个计数时间脉冲的计数器 404 和一个比较计数值和倍数（例如 M 或 N ）的数字比较器 406。从而，比较器产生一个表示计数器 404 是否达到必需的 M 或 N 数值的输出信号。因此，适当的选通时间是通过计数与倍数 M 或 N 相比较的数目来控制的。

因此就能通过倍数 M 和 N 选择适当的延时。因为 T_{on} 是 V_{in} 和 V_{target} 的函数，且 T_{LDR} 是 V_{target} 的函数，就有几种方式可以控制它们。在第一个例子中， T_{o1} 和 T_{o2} 相等且为常数。如此，倍数 N 可以由一个设定 V_{target} 的数字信号从查找表(LUT)中产生。该例中的 LUT 是一维的，因为各个 N 值对应一个相应的 V_{target} 值。在相同的例子中，其中 T_{o1} 和 T_{o2} 相等且为常数，倍数 M 可以由一

个设定 V_{target} 的数字信号和一个数字 V_{in} 信号从查找表(LUT)中产生。该数字 V_{in} 信号可以采用一个 AD 转换器来得到。如此, 该例中产生 M 的 LUT 为二维, 因为 M 值对应一个相应的 V_{target} 和 V_{in} 值。

在另一个例子中, $To1$ 和 $To2$ 不相等。该例中, 如果 $To2$ 为常数, 则倍数 N 与第一个例子中产生的方式相同。倍数 M 可以通过一个具有一个设定 V_{target} 的数字信号的一维 LUT 产生。但是, $To1$ 不是常量, 而是 V_{in} 或 V_{in} 和 V_{target} 的函数。

在此描述的实施例只是采用本实用新型的其中几个, 但并不受限于本实用新型。显而易见, 其它本领域的技术人员了解的实施例并不脱离权利要求所定义的本实用新型的精神和范围。

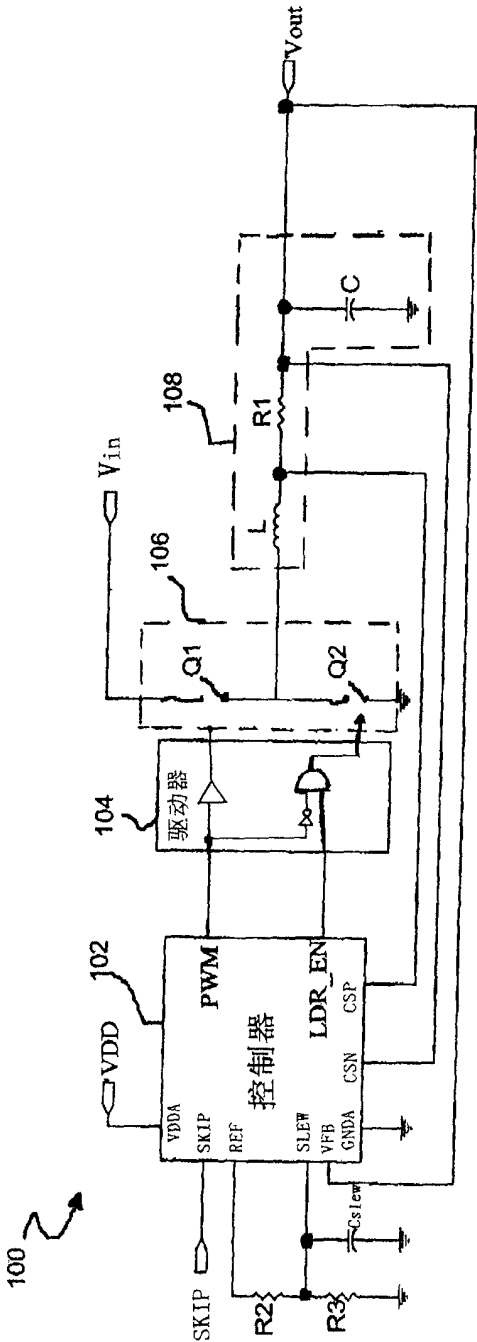


图 1A

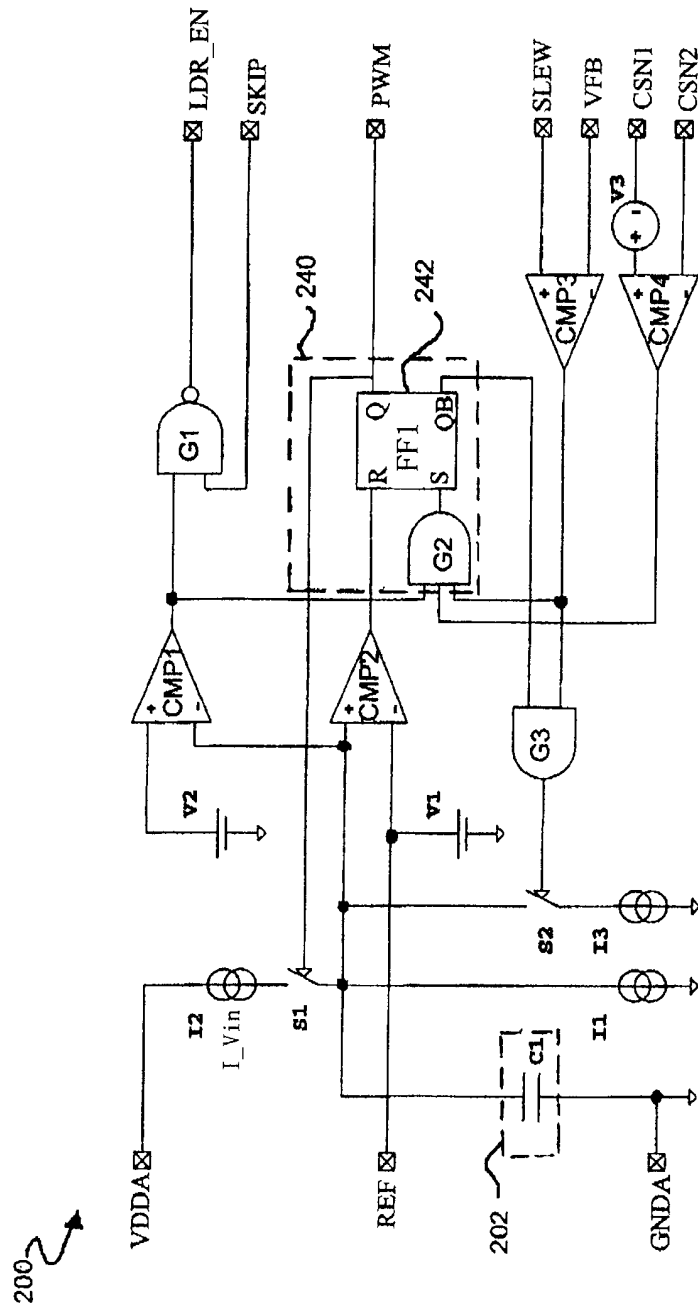


图 2A

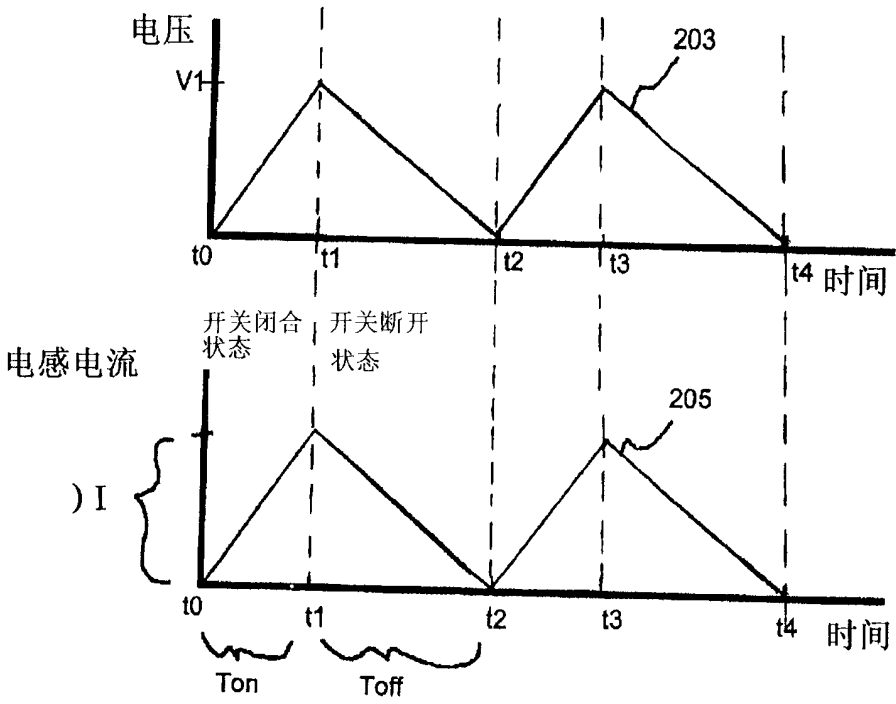


图 2B

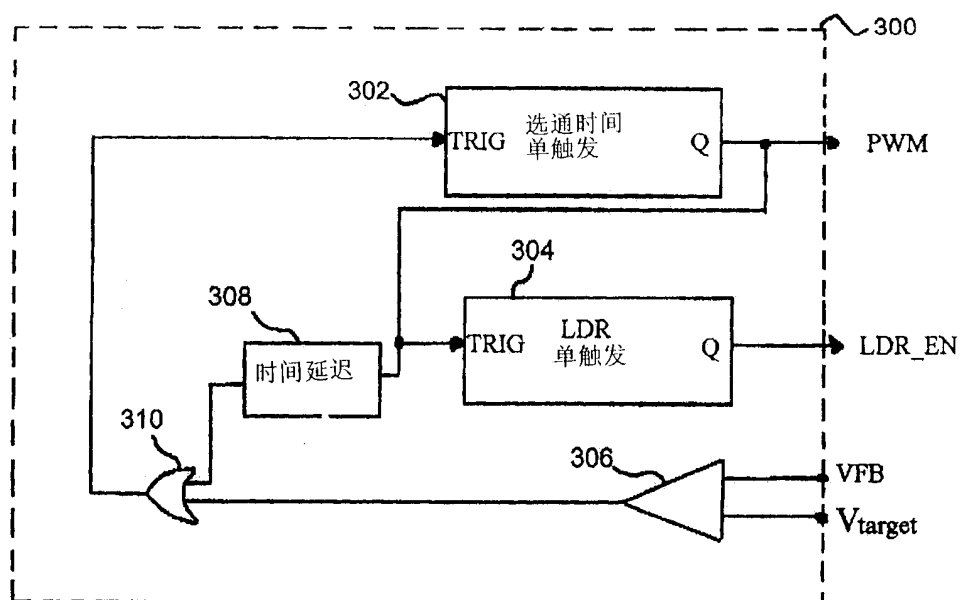


图 3

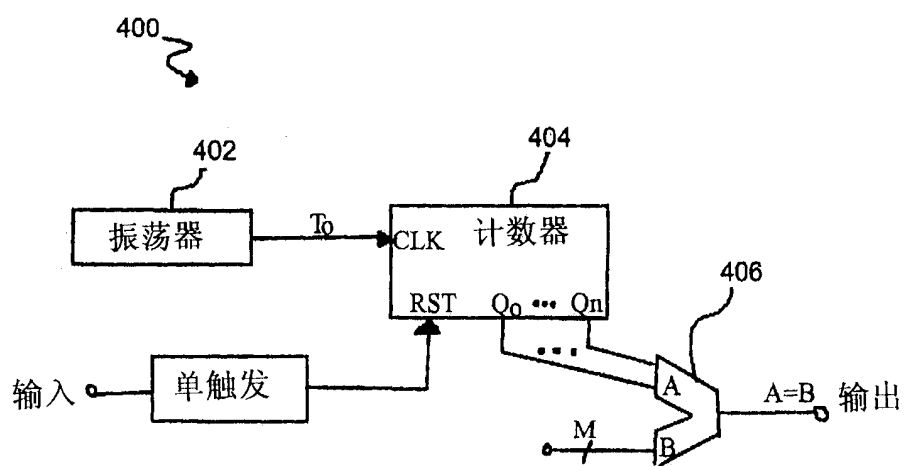


图 4