



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102255484 B

(45) 授权公告日 2013. 12. 18

(21) 申请号 201110115212. 0

(22) 申请日 2011. 04. 27

(30) 优先权数据
10161366. 9 2010. 04. 28 EP

(73) 专利权人 NXP 股份有限公司
地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 汉斯·哈贝尔施塔特

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 王波波

(51) Int. Cl.
H02M 1/32 (2007. 01)
H02M 3/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2008175029 A1, 2008. 07. 24,
WO 2004030194 A1, 2004. 04. 08,
CN 101218737 A, 2008. 07. 09,
CN 1309461 A, 2001. 08. 22,

审查员 伍春燕

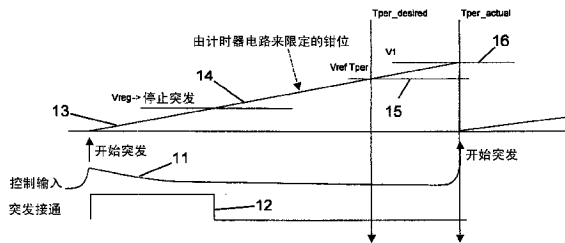
权利要求书2页 说明书12页 附图5页

(54) 发明名称

突发模式控制器和方法

(57) 摘要

本发明公开了一种对开关模式电源 (SMPS) 的突发模式操作加以控制的方法。该方法包括：
a) 接收对当前突发时间段的开始加以指示的控制输入信号；
b) 通过产生对当前突发期间的经过时间加以表示的信号以及通过开始 SMPS 的操作突发，来对开始当前突发时间段的指示作出响应；
c) 根据对前一突发时间段中 SMPS 的操作突发的持续时间加以表示的信号、对前一突发时间段的持续时间加以表示的信号、以及对当前突发时间段的期望持续时间加以表示的信号，来计算对当前突发时间段中 SMPS 的操作突发的期望持续时间加以表示的信号的值；以及
d) 将对当前突发时间段期间的经过时间加以表示的信号与对当前突发时间段中 SMPS 的突发操作的期望持续时间加以表示的信号相比较，如果从当前突发时间段的起始点开始的经过时间大于或等于当前突发时间段中 SMPS 的突发操作的期望持续时间，则停止 SMPS 的操作突发。



1. 一种对开关模式电源 SMPS 的突发模式操作加以控制的方法,其中,突发时间段包括 SMPS 的操作突发,在所述 SMPS 的操作突发期间 SMPS 以第一高电平产生功率,在突发时间段的其余部分 SMPS 以第二低电平产生功率,所述方法包括:

- a) 接收对当前突发时间段的开始加以指示的控制输入信号;
- b) 开始 SMPS 的操作突发并测量在当前突发时间段期间的经过时间;
- c) 根据以下内容来计算当前突发时间段中 SMPS 的操作突发的期望持续时间:
 - i) 前一突发时间段中, SMPS 的操作突发的持续时间;
 - ii) 前一突发时间段的持续时间;以及
 - iii) 当前突发时间段的期望持续时间;以及

d) 将当前突发时间段期间的经过时间与在步骤 c) 中计算出的期望持续时间相比较,如果当前突发时间段期间的经过时间大于或等于在步骤 c) 中计算出的期望持续时间,则停止 SMPS 的操作突发。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,在调节后的参数的值与阈值相交时,接收到控制输入信号,所述调节后的参数是 SMPS 的输出电压、输出电流或输出功率。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,其中,通过产生与从当前突发时间段的起始点开始的经过时间成比例的信号,来测量当前突发时间段期间的经过时间。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,其中,在步骤 c) 中计算出的期望持续时间等于以下两项的乘积:前一突发时间段中 SMPS 的操作突发的持续时间,以及当前突发时间段的期望持续时间与前一突发时间段的持续时间之间的比率。

5. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,其中,在步骤 c) 中计算出的期望持续时间等于以下两项之和:前一突发时间段中 SMPS 的操作突发的持续时间,以及加权系数跟突发时间段的期望持续时间与前一突发时间段的持续时间之间差值的乘积。

6. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,其中,步骤 b) 还包括:对前一突发时间段的持续时间加以表示的信号进行采样,并保留采样的信号以用在步骤 c) 中。

7. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,还包括:对在步骤 c) 中计算出的期望持续时间的值进行采样,并保留采样的值以用在步骤(d) 的比较中。

8. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,还包括:通过应用预定义的滤波器函数,来修改步骤 c) 中计算出的期望持续时间的值。

9. 根据权利要求 8 所述的方法,其中,所述预定义的滤波器函数将步骤 c) 中计算出的期望持续时间乘以滤波器系数,并将得到的乘积与以下两项的乘积相加:减去滤波器系数,以及前一突发时间段中 SMPS 的操作突发的持续时间。

10. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,其中,将步骤 c) 中计算出的期望持续时间限制在最大值与最小值之间。

11. 一种用于对开关模式电源 SMPS 的突发模式操作加以控制的控制器,其中,突发时间段包括 SMPS 的操作突发,在所述 SMPS 的操作突发期间 SMPS 以第一高电平产生功率,在突发时间段的其余部分 SMPS 以第二低电平产生功率,所述控制器包括:

a) 第一比较器(1),用于接收对当前突发时间段的开始加以指示的控制输入信号,并将所述控制输入信号与基准电压相比较,所述第一比较器(1) 的输出适于在控制输入信号与基准电压相交时从第一逻辑电平切换至第二逻辑电平;

b) 计时器(4),适于通过测量在当前突发时间段期间的经过时间,来对在第一比较器(1)的输出处从第一逻辑电平向第二逻辑电平的切换作出响应;

c) 计算单元(6),适于监控以下值:

i) 前一突发时间段中, SMPS 的操作突发的持续时间;

ii) 前一突发时间段的持续时间;以及

iii) 当前突发时间段的期望持续时间;

以及根据所监控的值来计算当前突发时间段中 SMPS 的操作突发的期望持续时间;

d) 第一电路(2,5),适于通过开始 SMPS 的操作突发来对第一比较器(1)的输出处从第一逻辑电平向第二逻辑电平的切换作出响应,以及适于将当前突发时间段期间的经过时间与在步骤 c)中计算出的期望持续时间相比较,如果当前突发时间段期间的经过时间大于或等于在步骤 c)中计算出的期望持续时间,则停止 SMPS 的操作突发。

12. 根据权利要求 11 所述的控制器,还包括:滤波器单元(7),适于通过应用预定义的滤波器函数来修改步骤 c)中计算出的期望持续时间的值。

13. 一种用于对开关模式电源 SMPS 的突发模式操作加以控制的控制器,包括适于执行根据权利要求 1 至 10 中任一项权利要求所述的方法的电路。

14. 一种开关模式电源,包括根据权利要求 11 至 13 中任一项所述的控制器。

15. 根据权利要求 14 所述的开关模式电源,还包括用于对开关模式电源的转换器级(102)产生的输出功率加以控制的电路(100,101),其中,所述电路(100,101)适于在 SMPS 的操作突发期间将输出功率控制到第一值和第二值中较高的一个,其中第一值是从调节后的参数得到的,第二值是预定的以表示最小输出功率,所述调节后的参数是 SMPS 的输出电压、输出电流或输出功率。

突发模式控制器和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及对开关模式电源 (SMPS) 的突发模式操作加以控制的方法和控制器。本发明还涉及包括这种控制器的开关模式电源。

背景技术

[0002] 开关模式电源的效率及其随负载的变化正变得越来越重要。开关模式电源常用在以下电源适配器中：小型低负载设施，以及其中负载的提取是间歇性的应用，例如，移动电话的充电器。因此，在低负载或无负载条件下开关模式电源的输入功率需求也变得越来越重要。

[0003] 在非常低的功率等级下，无负载输入功率取决于开关模式电源的效率，其中在该非常低的功率等级下，仅需要为电源自身内部的电路供电，典型地，电源自身内部的电路消耗大约 50mW 到 200mW。显然，在这些低功率等级下需要具有非常高的效率。

[0004] 一种增加开关模式电源效率的方式是在接近最佳效率点的功率等级处短时间地操作该开关模式电源，其中，在该短时间之后的一段时间内不切换电源，在不切换电源的这段时间内不浪费能量。这种类型的操作称作“突发模式”，并且在低功率等级下产生了高效率。来自 ST Microelectronics 的 L6599 是在突发模式下工作的开关模式电源的示例。

[0005] 在突发模式下工作可以产生在 20kHz 的可听上限以下的频率分量。因此，存在以下风险：工作在突发模式下的电源的功率组件（例如，变压器和电容器）中的振动会产生音频噪声。由于人耳在 1kHz 到 10kHz 的范围内最敏感，所以非常希望不使用该范围内的突发频率。

[0006] 在大多数应用中，转换器的输出处的波纹电压必需保持在特定极限之内。这根据所需的输出功率而需要特定的突发接通次数 (burst on time)。

[0007] 此外，如果在不切换电源的时间段期间出现正负载阶跃 (positive load step)，则开关模式电源必需相对快地作出反应以防止由于缺乏可用的电力而导致输出电压的突然下降。这需要来自输出电压调节回路的误差信号能够尽可能快地开始下一突发。

[0008] 图 1 示出了输出功率与波纹电压之间的关系，图 2 示出了在 3 个不同工作模式下，对于典型的应用，输出功率与突发频率（突发时间段的倒数，突发时间段 (burst period) 被定义为在连续的切换突发 (burst of switching) 的起始点之间的时间段）之间的关系。

[0009] 在第一模式下，切换突发的长度是固定的（针对 50 μ s、100 μ s、200 μ s 和 600 μ s 的曲线分别被示为 A、B、C 和 D）。根据输出功率来适配突发频率，从而产生可变的波纹电压。

[0010] 在该模式下，可以利用来自输出电压调节回路的误差信号来容易地开始下一个切换突发，从而提供了简单的解决方案。然而，从图 1 和 2 可以看出，这种模式在低负载下产生大的波纹电压，在高负载下产生 1kHz 范围内的突发频率。因此，没有一种可接受的折中方案可以在所示的功率范围上提供低于 240mV 的波纹电压和低于 1kHz 的突发频率。具体地，对于大多数应用来说情况都是这样。

[0011] 在第二模式下，突发频率固定在 1kHz（参见曲线 E）。切换突发的长度根据输出功

率而改变,从而产生可变的波纹电压。

[0012] 这种模式在图 1 和 2 所示的功率范围上提供了可接受的突发频率值和波纹电压值。此外,可以使用固定频率振荡器来容易地实现这一点,从而触发每个切换突发的开始。可以利用误差回路来调节切换突发的长度,其中误差回路在输出处的电压升高到所需调节值以上时结束每个脉冲。

[0013] 然而,由于干线隔离的需要,误差回路通常包括具有频率补偿网络的误差放大器以及光耦合器。在突发模式操作期间,误差放大器经常会在供电轨电压之一处饱和,并且可以仅检测与期望调节值(而非该期望调节值的绝对值)相交的输出电压。这是因为误差放大器通常具有高电压增益,以减小输出处的静态误差。因此,即使对于小误差信号来说,误差放大器的输出电压的幅度也非常高。因此,由于误差放大器-光耦合器回路的结构,误差放大器的输出电压经常在与正供电轨或接地接近处达到饱和,并且能够仅检测输出电压处的小变化。这还意味着在通过误差回路可以检测的较大波纹低频率突发期间,误差回路可以仅检测输出是低于还是高于期望值。在突发期间具有固定的突发频率和固定功率的突发模式期间,突发由频率计时器来开始,并在输出电压与期望值相交时停止。当突发占空比达到 100%时,达到突发模式的最大功率。然而,当需要更大的功率时,由于没有达到输出电压值,所以突发在整个脉冲间隔期间保持接通,并且由于没有足够的功率,所以输出电压下降。因此,需要另一种机制来判定转换器应当离开突发模式而进入更高功率模式。可以通过检测在 100%突发接通时间的结束处输出电压过低,来进行这种判定,但是这种方式的缺点是系统不能在比突发重复时间短的时间内改变到更高功率模式。

[0014] 如果发生了正负载阶跃,该正负载阶跃需要比突发模式下可用的功率更多的功率,则这会产生问题。在这种情况下,由于误差放大器输出已经饱和,所以输出电压会下降并且误差信号不能检测到这一点。在当前突发时间段结束之前始终不可能检测到所提供的功率过低,而当电流突发时间段结束时,可能已经出现了较大的电压降,尤其是在使用 1kHz 以下的突发频率时。为了防止这种情况,可以在输出处使用更大且更昂贵的电解电容器,但是这增加了成本和尺寸。

[0015] 在第三模式下,波纹电压固定在 250mV(参见曲线 F)。切换突发的突发频率和长度都改变以保持该波纹电压。

[0016] 该模式还提供了可接受的波纹电压和突发频率值,并且经常被使用。原则上,每个切换突发可以起始于突发周期期间输出电压的最低值处(刚好出现在突发开始之前),并停止于输出电压的最大值(出现在突发的结束处)。然而,这在实际中是很难实现的,尤其是在需要干线隔离的情况下。如上所述,通常使用包括误差放大器和光耦合器的误差回路来实现这一点,其中误差放大器具有频率补偿网络。可选地,可以经由变压器上的辅助绕组来感测输出电压。

[0017] 然而,经由辅助绕组来进行感测是有问题的。该问题出现的原因是,输出处的波纹电压的幅度与输出电压自身的值相比相对较小。此外,在输出电压处以及在辅助绕组上存在由于切换而引起的高频噪声。这使得很难将期望的输出电压最小值和最大值与噪声分离。在使用误差放大器和光耦合器来进行干线隔离的情况下,光耦合器或误差放大器的输出电压的饱和以及误差回路中的频率补偿网络,使输出电压的 AC 部分的形状与误差回路初级侧的信号的 AC 部分的形状不同。因此,输出电压的最小值和最大值并不与初级侧光耦

合器输出的最小值和最大值相对应。

[0018] 实际应用中所使用的折中解决方案是使用光耦合器输出处的电压来开始和停止切换突发。这是可能的,因为从输出端子到光耦合器输出的增益是由输出感测网络、补偿网络和光耦合器电路来设定的。该增益限定了输出电压的变化与控制参数(在大多数情况下,是光耦合器输出处的电压)的变化之间的关系。在光耦合器输出处的电压升高到预定值以上时开始每个突发并在光耦合器下降到预定的较低值以下时停止该突发,提供了几乎恒定的波纹电压特性。这种方法的缺点是,功率等级与每个突发开始和停止时的点相联系。功率等级由控制参数来控制,通常由控制输入处的电压来控制。控制输入还用于使突发开始和停止,其中突发起始和停止于控制输入处的预定电压电平处。对于特定的转换器类型,例如谐振转换器,获得特定输出功率所要求的在控制输入处的实际电压可以根据谐振组件的值和容限而显著地变化。这意味着使用控制输入处的固定电压来开始和停止突发使得很难限定突发期间的所需功率等级。由于功率等级与效率直接有关,所以缺点是突发模式期间转换器的效率不能得到充分的控制。

[0019] 此外,突发频率取决于诸如输出电容、补偿网络和增益设定之类的若干参数。因此,应用的带宽以及控制输入处窗口的宽度(没有负载与全负载之间的变化)现在与突发频率有关。这意味着控制输入处的特定波纹电压根据为调节回路选择的带宽而出现,以在正常工作模式(即,无突发模式)期间获得正确的响应带宽。该带宽与(由输出处的电解电容器来确定的)输出电容、转换器级自身的增益、以及控制输入处用于将输出从无功率变成全功率的电压窗口有关。所有这些参数还都与突发频率相联系,因此不能独立地设定突发频率。时间中,这在选择每个突发期间的突发频率、输出功率等级和效率方面造成了约束和限制。采用这种技术的开关模式电源的设计很复杂。

发明内容

[0020] 根据本发明的第一方面,提供了一种对开关模式电源(SMPS)的突发模式操作加以控制的方法,其中,突发时间段包括SMPS的操作突发(burst of operation),在所述SMPS的操作突发期间SMPS以第一高电平产生功率,在突发时间段的其余部分SMPS以第二低电平产生功率,所述方法包括:

[0021] a) 接收对当前突发时间段的开始加以指示的控制输入信号;

[0022] b) 开始SMPS的操作突发并测量在当前突发时间段期间的经过时间;

[0023] c) 根据以下内容来计算当前突发时间段中SMPS的操作突发的期望持续时间:

[0024] i) 前一突发时间段中,SMPS的操作突发的持续时间;

[0025] ii) 前一突发时间段的持续时间;以及

[0026] iii) 当前突发时间段的期望持续时间;以及

[0027] d) 将当前突发时间段期间的经过时间与在步骤(c)中计算出的期望持续时间相比较,如果当前突发时间段期间的经过时间大于或等于在步骤(c)中计算出的期望持续时间,则停止SMPS的操作突发。

[0028] 根据本发明的方法可以与传统开关模式电源一起使用,以提供突发模式操作,这解决了上述问题。使用对突发模式操作加以控制的该方法,现在可以利用可接受的波纹电压在明确限定的突发频率下操作。这些参数是可以独立设定的,突发频率取决于控制输入

信号（得自于总调节回路）的重复率，波纹电压取决于操作突发的长度和突发时间段的长度。此外，使用该方法的控制器可以立即对负载阶跃作出反应，如以下说明的。

[0029] 前一突发时间段中 SMPS 的操作突发的持续时间、前一突发时间段的持续时间、以及当前突发时间段的期望持续时间通常由信号来表示，因此，可以对这些信号的值来执行步骤 (c) 中的计算，以产生对当前突发时间段中 SMPS 的操作突发的期望持续时间加以表示的信号的值。相应地，下文中无论在什么地方提到前一突发时间段中 SMPS 的操作突发的持续时间、前一突发时间段的持续时间或当前突发时间段的期望持续时间，都应理解可以取而代之地使用表示这些参数的信号。

[0030] 第二低功率等级可以是零，在这种情况下，SMPS 的操作将在突发时间段的其余部分期间完全停止。

[0031] 典型地，在调节后的参数的值与阈值相交时，接收控制输入信号。调节后的参数可以是电压或电流，或者可以通过相对于阈值来增大或减小调节后的参数的值来使该调节后的参数的值与阈值相交。在实际的实施例，可以通过对表示调节后的参数的信号与基准值相比较、并在表示调节后的参数的信号达到基准值时（通过值的增大或减小）维持控制输入信号，来检测调节参数与阈值的相交。

[0032] 优选地，通过产生与从当前突发时间段的起始点开始的经过时间成比例的信号，来测量当前突发时间段期间的经过时间。

[0033] 典型地，该信号是由计时器产生的输出信号，所述计时器是响应于当前突发时间段开始的指示来启动的。

[0034] 在一个实施例中，在步骤 (c) 中计算出的期望持续时间等于以下两项的乘积：前一突发时间段中 SMPS 的操作突发的持续时间，以及当前突发时间段的期望持续时间与前一突发时间段的持续时间之间的比率。

[0035] 在另一实施例中，在步骤 (c) 中计算出的期望持续时间等于以下两项之和：前一突发时间段中 SMPS 的操作突发的持续时间，以及加权系数跟突发时间段的期望持续时间与前一突发时间段的持续时间之间差值的乘积。

[0036] 通常，步骤 (b) 还包括：对表示前一突发时间段的持续时间的信号进行采样，并保留采样的信号以用在步骤 (c) 中。

[0037] 典型地，该方法还包括：对在步骤 (c) 中计算出的期望持续时间进行采样，并保留采样的值以用在步骤 (d) 的比较中。

[0038] 优选地，该方法还包括：通过应用预定义的滤波器函数，来修改步骤 (c) 中计算出的期望持续时间的值。

[0039] 在优选实施例中，所述预定义的滤波器函数将步骤 (c) 中计算出的期望持续时间乘以滤波器系数，并将得到的乘积与以下两项的乘积相加：1 减去滤波器系数，以及前一突发时间段中 SMPS 的操作突发的持续时间。

[0040] 滤波器系数可以便利地与上述加权系数具有相同的值。

[0041] 典型地，将步骤 (c) 中计算出的期望持续时间限制在最大值与最小值之间。

[0042] 根据本发明的第二方面，提供了一种用于对开关模式电源 (SMPS) 的突发模式操作加以控制的控制器，其中，突发时间段包括 SMPS 的操作突发，在所述 SMPS 的操作突发期间 SMPS 以第一高电平产生功率，在突发时间段的其余部分 SMPS 以第二低电平产生功率，所

述方法包括：

[0043] a) 第一比较器,用于接收对当前突发时间段的开始加以指示的控制输入信号,并将所述控制输入信号与基准电压相比较,所述第一比较器的输出适于在控制输入信号与基准电压相交时从第一逻辑电平切换至第二逻辑电平；

[0044] b) 计时器,适于通过测量在当前突发时间段期间的经过时间,来对在所述第一比较器的输出处从第一逻辑电平向第二逻辑电平的切换作出响应；

[0045] c) 计算单元,适于监控以下值：

[0046] i) 前一突发时间段中, SMPS 的操作突发的持续时间；

[0047] ii) 前一突发时间段的持续时间；以及

[0048] iii) 当前突发时间段的期望持续时间；

[0049] 以及根据所监控的值来计算当前突发时间段中 SMPS 的操作突发的期望持续时间；

[0050] d) 第一电路,适于通过开始 SMPS 的操作突发来对第一比较器的输出处从第一逻辑电平向第二逻辑电平的切换作出响应,以及适于将当前突发时间段期间的经过时间与在步骤 (c) 中计算出的期望持续时间相比较,在当前突发时间段期间的经过时间大于或等于在步骤 (c) 中计算出的期望持续时间的情况下,停止 SMPS 的操作突发。

[0051] 第一电路可以包括:锁存器(或其他存储元件,如,时钟控制触发器,适于通过维持用于开始 SMPS 的操作突发的信号,来对第一比较器的输出处从第一逻辑电平向第二逻辑电平的切换作出响应;以及第二比较器,用于将当前突发时间段期间的经过时间与步骤 (c) 中计算出的期望值相比较,第二比较器的输出适于在当前突发时间段期间的经过时间大于或等于步骤 (c) 中计算出的期望持续时间的情况下从第一逻辑电平切换至第二逻辑电平,锁存器适于通过对用于使 SMPS 的操作突发开始的信号求反,来对第二比较器的输出处从第一逻辑电平向第二逻辑电平的切换作出响应。

[0052] 备选地,第一电路可以包括:第二比较器,用于将当前突发时间段期间的经过时间与步骤 (c) 中计算出的期望持续时间相比较,以及适于在当前突发时间段期间的经过时间比步骤 (c) 中计算出的期望持续时间短的情况下维持用于使 SMPS 的操作突发开始的信号,并在当前突发时间段期间的经过时间比步骤 (c) 中计算出的期望持续时间长的情况下对用于使 SMPS 的操作突发开始的信号求反。

[0053] 典型地,控制器还包括:滤波器单元,适于通过应用预定义的滤波器函数来修改步骤 (c) 中计算出的期望持续时间的值。

[0054] 根据本发明的第三方面,提供了一种用于对开关模式电源 (SMPS) 的突发模式操作加以控制的控制器,包括适于执行根据本发明第一方面所述的方法的电路。

[0055] 根据本发明的第四方面,提供了一种开关模式电源,包括根据本发明第二方面或第三方面所述的控制器。

[0056] 该开关模式电源还包括用于对开关模式电源的转换器级产生的输出功率加以控制的电路,其中,所述电路适于在 SMPS 的操作突发期间将输出功率控制到第一值和第二值中较高的一个,其中第一值是从调节后的参数得到的,第二值是预定的以表示最小输出功率。

[0057] 调节后的参数可以是例如 SMPS 的输出电压、输出电流或输出功率。

附图说明

- [0058] 现在将参考附图来详细描述本发明的示例,附图中;
- [0059] 图 1 示出了现有的突发模式技术中与输出功率有关的波纹电压;
- [0060] 图 2 示出了现有技术中与输出功率有关的突发频率;
- [0061] 图 3 示出了根据本发明可操作的突发模式控制器的电路;
- [0062] 图 4 示出了图 3 的电路中不同点处的波形;
- [0063] 图 5 至 8 示出了不同工作条件下突发模式控制器的仿真结果;
- [0064] 图 9 示出了根据本发明可操作的突发模式控制器的另一实施例;以及
- [0065] 图 10 示出了对 SMPS 提供的最小功率加以控制的附加电路。

具体实施方式

[0066] 本发明提供了一种对开关模式电源 (SMPS) 的突发模式操作加以控制的方法,其中,控制输入信号触发当前突发时间段的开始、SMPS 的操作突发并重置计时器,所述计时器指示在当前突发时间段期间的经过时间。根据前一突发时间段中 SMPS 的操作突发的持续时间值、前一突发时间段的持续时间值、以及当前突发时间段的期望持续时间值,来计算当前突发时间段中 SMPS 的操作突发的期望持续时间的值。当计时器所指示的在当前突发时间段期间的经过时间大于或等于当前突发时间段中 SMPS 的突发操作的期望持续时间的计算值时,停止 SMPS 的操作突发。

[0067] 图 3 示出了根据本发明可操作的突发模式控制器的框图。在这种情况下,比较器 1 在其非反相输入处接收控制输入信号。比较器 1 的反相输入保持在基准电压 V_{ref} 。当控制输入信号的电压上升到值 V_{ref} 以上时,将比较器 1 的输出驱动至正电源电压 (即,表示逻辑高)。比较器 1 的输出连接至 SR 锁存器 2 的设定 (S) 输入,S 管脚的逻辑高使得 SR 锁存器 2 的输出管脚 (Q) 被驱动至高。

[0068] 控制输入信号是从对开关模式电源的总体调节加以控制的电路提供的。当调节后的参数 (例如,输出电压、输出电流或输出功率) 下降到预定的阈值以下时,维持控制输入信号 (即,在上升到 V_{ref} 以上时,驱动逻辑高)。控制输入信号的维持使得突发时间段或突发周期开始。

[0069] SR 锁存器 2 的输出管脚被驱动至高会引起多种事件。首先,维持“突发接通 (Burst On)”信号,这使得切换突发开始。同时,触发采样和保持电路 3,使得采样和保持电路 3 对计时器 4 的输出处的电压进行采样。采样电压 (V_1) 是前一突发时间段结束时来自计时器 4 的输出电压,并且该采样电压 (V_1) 表示前一突发时间段的持续时间。计时器 4 还在采样和保持电路 3 被触发之后略微重置,从而计时器 4 的输出电压 (V_{ramp}) 下降到预定的起始电压 (典型地,0V)。

[0070] 如图 3 所示,典型的计时器电路 4 包括对与重置开关并联的电容器进行供电的电流源。这使得来自计时器 4 的输出电压 (V_{ramp}) 线性升高直到饱和,饱和的输出电压略微低于正电源电压。与突发时间段的持续时间相比,计时器中的电容器在重置时将相对快速地放电。

[0071] 比较器 5 将来自计时器 4 的电压 V_{ramp} 与电压 V_{reg} 相比较。当 V_{ramp} 上升到 V_{reg} 的值

以上时,将比较器 5 的输出驱动至逻辑高。比较器 5 的输出耦合至 SR 锁存器 2 的重置 (R) 管脚。SR 锁存器 2 的输出管脚从而被驱动至逻辑低,使得对“突发接通”信号求反。这使得当前的切换突发停止。

[0072] 计算器电路 6 基于 V_{reg} 的当前值、采样值 V_1 和电压 V_{ref_Tper} ,来计算 V_{reg} 的新值,其中电压 V_{ref_Tper} 表示突发时间段的期望持续时间。

[0073] V_{ref_Tper} 是由控制电路中的带隙基准电压生成器来确定的固定值。该值被选择为使得向上有足够的余量来允许在电源电压以下的 V_1 的特定最大值。计时器中的电容器被选择为根据期望的突发频率来设定 V_{ramp} 的斜率。期望的突发频率等于 $\frac{I}{C_{burst} \cdot V_{ref_Tper}}$,其中 I

是电流源提供给计时器电容器的电流, C_{burst} 是计时器电容器的值。

[0074] 如果 V_{reg} 的新值用于直接确定当前的切换突发的结束,则这将引起向切换突发的所要求的持续时间的收敛,以实现期望的突发时间段时间。然而,如果出现负载阶跃,则该方法将引起突发频率的突然增大或减小(根据负载阶跃的方向)。因此,提供了滤波器 7,滤波器 7 与计算器 6 的输出耦合,以增加调节回路的时间常数,使得该时间常数是突发时间段的若干倍。

[0075] 在一个变体中,计算器 6 和滤波器 7 根据以下等式来计算 V_{reg} 的新值:

$$[0076] \quad V_X = V_{reg_N} \times \frac{V_{ref_Tper}}{V_1}$$

$$[0077] \quad V_{reg_{N+1}} = K_1 \cdot V_X + (1 - K_1)V_{reg_N}$$

[0078] 其中: V_X 是来自计算器 6 的输出,

[0079] V_{reg_N} 是 V_{reg} 的电流值,

[0080] $V_{reg_{N+1}}$ 是 V_{reg} (来自滤波器 7 的输出) 的新值,

[0081] K_1 是由滤波器 7 施加的滤波器系数。

[0082] K_1 的值限定了滤波器的时间常数。将 K_1 设定为值 1 会提供最快的响应,而将 K_1 设定为零使 V_{reg} 保持固定在之前的值。 K_1 的典型值是 0.75。

[0083] 在第二变体中,计算器 6 和滤波器 7 根据以下等式来计算 V_{reg} 的新值:

$$[0084] \quad V_X = V_{reg_N} + K_2(V_{ref_Tper} - V_1)$$

$$[0085] \quad V_{reg_{N+1}} = K_2 \cdot V_X + (1 - K_2)V_{reg_N}$$

[0086] 其中, K_2 是由计算器 6 和滤波器 7 施加的滤波器系数。

[0087] 延迟电路 9 耦合至 SR 锁存器 2 的输出,延迟电路 9 的输出耦合至采样保持电路 8 的采样输入。因此,刚好在切换突发开始之后(即,当 SR 锁存器 2 的 Q 管脚被驱动至高时),延迟电路 9 的输出被驱动至高,使得对滤波器 7 的输出处的新值 V_{reg} ($V_{reg_{N+1}}$) 进行采样。限制器电路 10 确保 V_{reg} 的新值不超出最大极限和最小极限,如果超出,则将 V_{reg} 的值适当地钳位到最大或最小值。

[0088] V_{reg} 的新值在比较器 5 的反相输入处可用。 V_{reg} 的新值的计算及其向比较器 5 的反相输入的传播发生得足够快,以至于可以使用该新值来确定电流突发时间段时间中切换突发的结束。

[0089] 限制器电路 10 防止发生两个可能的问题。第一问题会发生在非常低的功率等级

下,在该非常低的功率等级下,期望突发频率下的单个功率转换周期提供了过高的功率。通过将 V_{reg} 的值钳位到最小等级,突发时间段将自动增大(从而突发频率降低),以确保这种问题不会发生。

[0090] 以下将解释突发频率下降的原因。当 V_{reg} 处于最小等级时,限定最小突发长度,然而该最小突发长度对于期望的突发时间段而言过大。在该突发期间,将明确限定的能量量值传送至输出电容器。因此,输出电容器处的电压将上升到期望值以上的特定电平。与上述电源相连的小负载将缓慢地对输出电容器进行放电,并且只要电压下降到期望值以下,误差放大器和光耦合器将使控制输入处的电压升高,从而经由比较器 1 来触发下一突发。发生突发频率的自动减小,原因在于例如 V_{reg} 提高 10% (相对于为了实现期望的突发频率而应当采用的 V_{reg} 值) 将引起突发长度增大 10%。因此,将 10% 以上的能量传递至输出电容器,从而使输出电压的阶跃增大 10%。因此,负载将输出电容器放电到期望的输出电压值所用的时间增大了 10%,因此可以看出,在相同的突发周期期间,增大了 10% 的 V_{reg} 值将立即引起降低了 10% 的突发频率。当没有有效的最小值限制时,计算器将减小 V_{reg} ,直到出现合适的突发频率。然而,如果在期望的突发频率下需要一个完整的切换周期来传递所需的功率,则可以朝着零值调节 V_{reg} ,使得除了利用大于期望值的有效极限 V_{reg} 以外,难以通过相乘来计算 V_{reg} 的新值,从而提供了更大的突发时间段和更低的突发频率。

[0091] 由主要调节回路来控制突发时间段会引起可能出现的其他问题。因此,突发时间段可以变得比计时器 4 可以处理的时间段更长。如果 V_{reg} 的值变得比计时器输出电压的饱和电平大,则图 3 的电路不能切断所述切换突发。通过将 V_{reg} 的值钳位小于计时器输出电压的饱和电平的电平,限制器电路 10 确保了不会发生这种情况。

[0092] 图 4 示出了突发周期期间图 3 的电路中不同点处的波形,并且有助于理解电路的操作。每个突发周期在控制输入信号被驱动至逻辑高时开始,从而使计时器 4 重置并且维持“突发接通”信号,如之前说明的。控制输入信号由图 4 中的曲线 11 示出,每一个“突发接通”和计时器输出信号分别由曲线 12 和 13 示出。

[0093] 计时器输出信号如所示的线性增大。当计时器输出信号超过 V_{reg} 的值时(图 4 中 14 处所示),比较器 5 将使 SR 锁存器 2 重置,SR 锁存器 2 的重置进而会使“突发接通”信号被驱动至低,从而在当前突发时间段中结束切换突发。

[0094] 计时器输出信号继续线性增大,最终与 V_{ref_Tper} 电平相交并然后达到 V_1 。电压 V_1 是计时器输出信号在控制输入信号下一次被驱动至高时所达到的电压,使得下一突发时间段开始。此时,电压 V_1 由采样和保持电路 3 来采样,以被计算器 6 用来计算 V_{reg} 的新值。

[0095] 以上参考图 3 和 4 而说明的突发模式控制器依赖于以下事实:在开关模式电源的输出汲取的给定功率下,整个突发周期或时间段上的平均功率 ($P_{average}$) 等于切换突发期间的功率 ($P_{burston}$) 跟切换突发的持续时间 ($T_{burston}$) 与突发时间段 ($T_{burstper}$) 之比的乘积。因此:

$$[0096] \quad P_{average} = P_{burston} \times \frac{T_{burston}}{T_{burstper}}$$

[0097] 这意味着,对于给定的输出功率以及在切换突发期间的功率,比率 $T_{burston} : T_{burstper}$ 是固定的,从而给出:

$$[0098] \quad \frac{T_{burston_desired}}{T_{burstper_desired}} = \frac{T_{burston_actual}}{T_{burstper_actual}}$$

[0099] 其中, $T_{burston_desired}$ 是期望的切换突发持续时间,

[0100] $T_{burston_actual}$ 是上一周期中的实际切换突发持续时间,

[0101] $T_{burstper_desired}$ 是期望的突发时间段,

[0102] $T_{burstper_actual}$ 是上一周期中的实际突发时间段。

[0103] 因此,在恒定的输出功率下,可以使用以下等式,基于实际突发时间段以及期望的突发时间段,来容易地确定针对下一突发周期的切换突发的持续时间:

$$[0104] \quad T_{burston_desired} = \frac{T_{burston_actual}}{T_{burstper_actual}} \times T_{burstper_desired}$$

[0105] 从以上等式可以看出,得出由计算器 5 的第一变体来使用的等式,即,

$$V_X = V_{regN} \times \frac{V_{ref} - T_{per}}{V_1}。$$

[0106] 直接对负载阶跃作出反应的需要仅允许通过改变来自自主调节回路的控制变量来触发切换突发的开始(在突发接通间隔内,这还使得可以直接检测是否应当进一步提高功率)。这意味着,不能在下一突发的开始时直接设定突发频率,因此突发频率也完全由主调节回路来确定。然而,在给定了切换突发的持续时间进行选择自由度的情况下,可以通过图 3 所示的相对缓慢的控制电路来适配突发频率,该控制电路利用几个周期来适配接通时间,以得到期望的突发频率。

[0107] 图 5 示出了图 3 的电路的仿真结果,其中在突发模式操作期间减小了功率。在这种仿真中,使用开关模式电源的简化模型来减小执行仿真所需的总时间。将电源建模为将功率转储到电源的输出电容器中的电源。功率与功率控制输入上存在的电压成正比。功率控制输入被配置为在 1.17V 的控制电压以下产生 21.2W 的固定最小输出功率。根据 $I_{OUT} = P_{OUT}/V_{OUT}$, 转储到输出电容器中的输出电流取决于输出功率。在该模型中,不存在高频开关模式动作。因此,仅在切换突发期间,DC 输出电流在输出电容器中流动,而在实际开关模式电源中,电流脉冲将流入输出电容器。对于突发模式操作,这并不重要,因为切换突发上的平均电流将确定切换突发结束时的最终输出电压。

[0108] 在图 5 中示出了多种曲线。来自计时器 4 的输出电压、 V_{reg} 以及 $V_{ref_T_{per}}$ 的值分别被示为 20、21 和 22。曲线 23、24、25、26 和 27 分别示出了(流入输出电容器中的)输出电流、负载电流、输出电压、控制输入上的信号、以及“突发接通”信号。通过对切换突发的持续时间进行控制来调节突发频率是清晰可见的。从 $t = 0$ 开始,计时器输出电压的期望峰值电压($V_{ref_T_{per}}$)是 2.5V。然而,在 $t = 0$ 处, V_{reg} 的值过高以至于无法实现这一点,并且产生的 V_1 的值(计时器输出电压处的峰值电压)超过了 $V_{ref_T_{per}}$ 。然而,由于被调节到期望的功率等级突发频率,所以计时器的输出电压在几个周期内收敛到期望的 2.5V 电平。如上所述,慎重地使收敛过程比突发时间段缓慢(在仿真中,上述 K_1 的值是 0.75)。

[0109] 在图 6 中,示出了负载阶跃的效果。突发频率的短暂改变是清晰可见的,该短暂改变取决于负载阶跃的变化速率。

[0110] 图 7 示出了在突发模式操作期间可用的最大功率等级以上的正负载阶跃的效果。在负载阶跃处,输出电压开始以大的负斜率下降。在该时刻之后控制输入的变化速率允许

立即对输出作出反应并开始下一个切换突发,该下一个切换突发的开始要远远早于在固定频率突发模式中的下一个突发的开始。在突发模式期间,优选地将转换器的功率等级限制为最小值,而同时出现切换突发。以下参考图 10 描述了用于执行这种功能的电路。在图 7 中,该最小值是 21.2W,与 1.17V 的控制电压相对应。只要负载需求小于在突发接通时间期间提供的功率,输出电压就会在切换突发期间升高,使得控制电压几乎立即下降。这解释了为什么切换突发期间的功率处于最小功率等级(在图 7 的示例中是 21.2W)。然而,当负载需求大于在切换突发期间提供的功率时,随着输出电压保持进一步下降,控制输入将进一步增大。在给定功率限于最小值而非最大值的情况下,这意味着当控制输入增大到对最小功率加以限定的电平(在图 7 的示例中是 1.17V)以上时,可以朝着与负载需求相等的期望电平进一步增大功率。由于与比较器 1 耦合的控制输入现在连续处于 V_{ref} 以上的电平,所以连续地设定锁存器 2(锁存器 2 的设定输入覆盖了重置输入)。因此,“突发接通”信号连续地有效。实际上,这是一种使控制器在正常非突发工作模式下改变的普通方式,其中,可以在突发模式工作期间在这些可能电平以上的电平调节输出功率。在“突发接通”信号连续有效的时间间隔期间,重置计时器,在“突发接通”信号的上一个上升斜率处确定比较器 5 的输入处的下一个信号 V_{reg} 。因此,当出现新的突发时,系统准备好确定下一个切换突发的长度。只要负载减小到突发功率以下,控制输入就会向下调节,直到达到最小功率。这意味着对锁存器 2 的设定输入求反,从而允许通过达到 V_{reg} 的计时器来重置锁存器 2,并且切换突发停止。根据这种操作方式,正常操作是具有有限突发接通时间的突发模式的特殊情况,提供了增大突发接通期间的功率的可能性。

[0111] 在图 8 中,示出了非常低的负载的效果。在这样的低功率等级下,将 V_{reg} 钳位在最小值处,从而将切换突发持续时间设定为可能的最小值。因此,由负载限定的突发时间段比期望的突发时间段长,但是在输出处的波纹电压为低时,由于切换突发持续时间短,所以这是可接受的。

[0112] 图 9 示出了根据本发明的突发模式控制器的第二实施例。该实施例与图 3 的实施例非常类似,唯一在结构上的差别是省略了锁存器 2。取而代之地,来自比较器 1 的输出直接耦合至计时器 4 的重置输入,并且“突发接通”信号直接由比较器 5 的输出提供。

[0113] 在该电路中,当来自比较器 1 的输出为高时(即,当控制输入信号超过了比较器 1 的非反相输入和反相输入处的基准信号时),重置计时器 4。因此,比较器 5 的反相输入低于反相输入上的 V_{reg} 的值,并且维持“突发接通信号”。然后,来自计时器 4 的输出信号上升,并且当其超过 V_{reg} 的值时,来自比较器 5 的输出变低,并且对“突发接通”信号求反。电路的其余部分与图 3 的实施例以相同方式操作。

[0114] 图 10 示出了在图 3 电路的旁边的附加电路。该附加电路包括功率等级设定电路 100、选择电路 101 和转换器级 102。转换器级 102 在突发模式控制器和功率等级设定电路 100 以及选择电路 101 的控制下产生期望的输出功率。

[0115] 通过将控制输入信号与基准值相比较,来从转换器的输出得到控制输入信号。通过这种比较而得到的误差信号确定了控制输入信号,从而闭合控制回路。功率等级设定电路 100 根据控制输入信号(该控制输入信号之前还控制突发模式控制器的操作)的值来为转换器级 102 的输出功率设定合适的等级。根据该控制方法以及所使用的转换器的类型,存在多种设定输出功率的可能方式,例如,通过设定切换频率、主峰值电流、主接通时间或

其组合来设定输出功率。

[0116] 在正常（即，非突发模式）工作期间，选择电路 101 选择功率等级设定电路 100 的输出，作为对来自转换器级 102 的输出功率等级加以控制的基础。因此，输出功率等级取决于控制输入信号。

[0117] 然而，当出现切换突发时，维持使能（Enable）输入（耦合至“突发接通”信号），这使得选择电路 101 选择以下两项中较高的一项：来自功率等级设定 100 的输出，以及选择电路 101 的另一输入上的预置最小功率等级。因此，来自转换器级 102 的输出功率等级被限制为最小值。

[0118] 当已停止切换突发时，对“突发接通”信号（从而对使能输入）求反。这意味着控制输入（经由功率等级设定电路 100）可以将功率等级控制为比切换突发期间的值低的值，包括零值。

[0119] 在选择电路 101 的变体中，使能输入始终是有效的，但是当已停止切换突发时，转换器级保持关闭。

[0120] 在另一变体中，如上所述使用使能输入，但是当对使能输入求反时，选择更低的功率等级。因此，当切换突发停止时，使用更低的功率等级。利用该变体，可以在非常低的功率等级下保持转换器切换。这可以用在使用主感测来代替光耦合器和对输出的辅助感测来感测和调节输出的情况下。对于输出的主感测，主变压器绕组上的电压可以被用作输出电压的表示。然而，由于仅可以在切换转换器时才可以感测输出电压，所以仅可以在切换期间检测到输出电压的阶跃。因此，通过使用该变体，可以保持转换器切换，这使得在任意时刻都可以感测输出电压的阶跃。利用该变体，可以在没有光耦合器的情况下开始切换突发，这是因为控制输入信号随着输出电压的实际值而有规律地更新。

[0121] 通过使用这种附加电路，自动进行从突发模式到非突发模式的转换，这是因为控制输入可以在任何时刻瞬时地提高功率。

[0122] 还可以将该附加电路与图 9 的实施例一起使用。

[0123] 上述实施例基于模拟电路，但是也可以取而代之地使用数字技术和电路，例如使用数字转换器作为计时器并在合适地编程的微控制器中以数字方式来实现计算器和滤波器功能。采样和保持电路可以由微控制器中的寄存器或对 V_{reg} 、 V_{ref} 、 T_{per} 和 V_1 的所需值加以保持的存储器的一部分来表示。可以使用其他类型的锁存器或双稳态来代替 SR 锁存器 2，例如 JK 锁存器。另一选项是以数字方式存储 V_{reg} ，以允许突发模式的两个间隔之间的正常操作（非突发模式）的大间隔，而同时使用突发模式的前一间隔的上一次存储的 V_{reg} 值来开始突发模式的第二间隔。

[0124] 上述突发模式控制器可以与多种开关模式电源拓扑一起使用，所述多种开关模式电源拓扑包括谐振、体、升压、升压 - 降压、回扫、前向和推 - 拉类型。

[0125] 上述突发模式控制器还可以用在以下应用中：在这些应用中，输出处的音频噪声和波纹电压集中，和 / 或在部分负载处需要高效率，和 / 或在无负载处需要低输入功率。这样的应用包括干线适配器、个人计算机和膝上型计算机电源、以及电视和监视器电源。

[0126] 通过研究附图、说明书和所附的权利要求，本领域技术人员在实践要求保护的发明时，可以理解和实现所公开的实施例的其他变体。在权利要求中，词语“包括”不排除其他元件或步骤，不定冠词“一种”或“一”不排除多个。单个处理器或其他单元可以实现权

利要求中所列若干项目的功能。在互不相同的从属权利要求中阐述特定的措施并不表明不能有利地使用这些措施的组合。权利要求中的任何附图标记都不应构成对范围的限制。

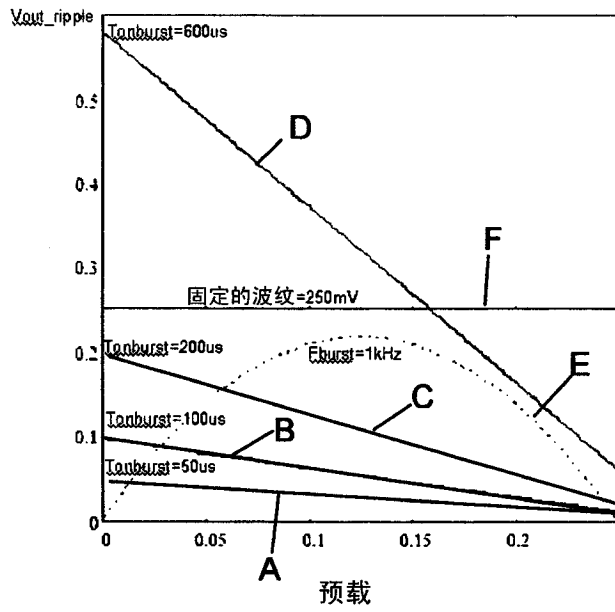


图 1

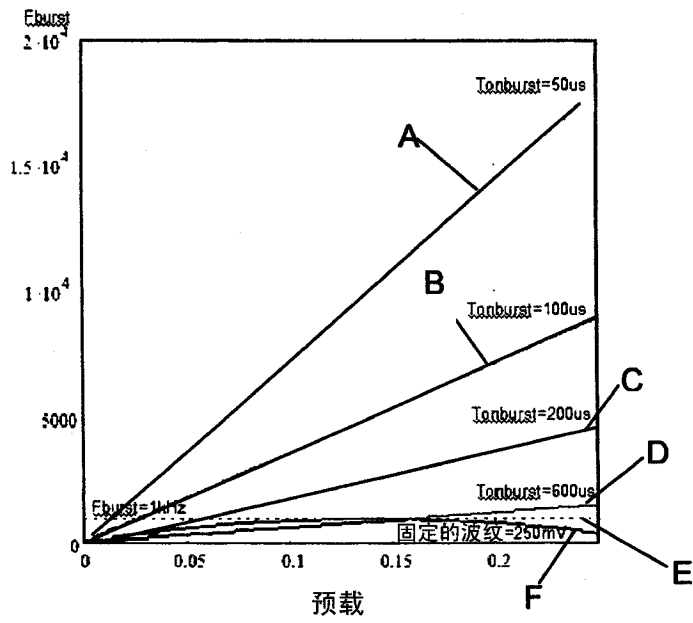


图 2

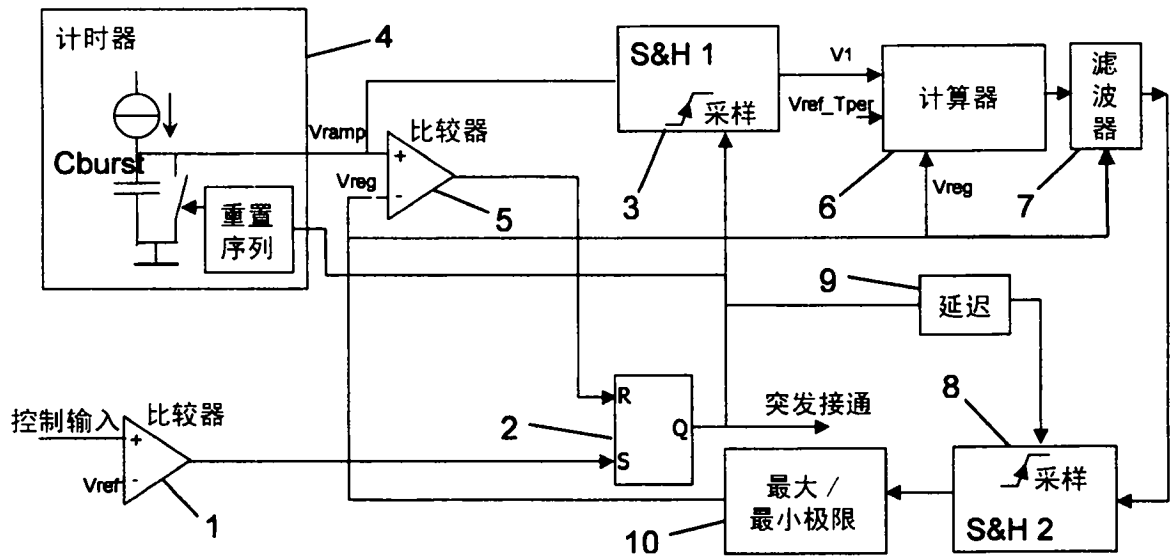


图 3

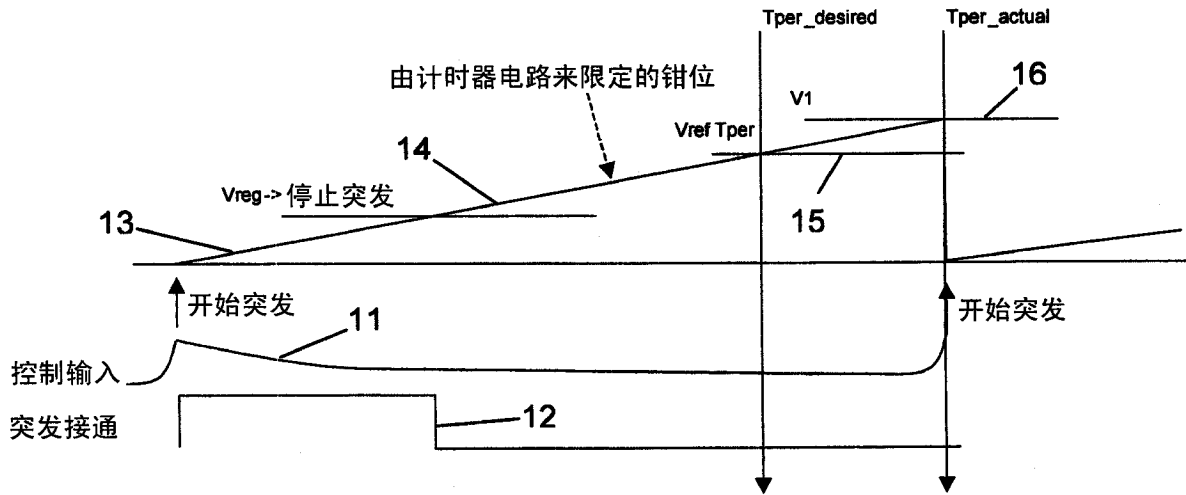


图 4

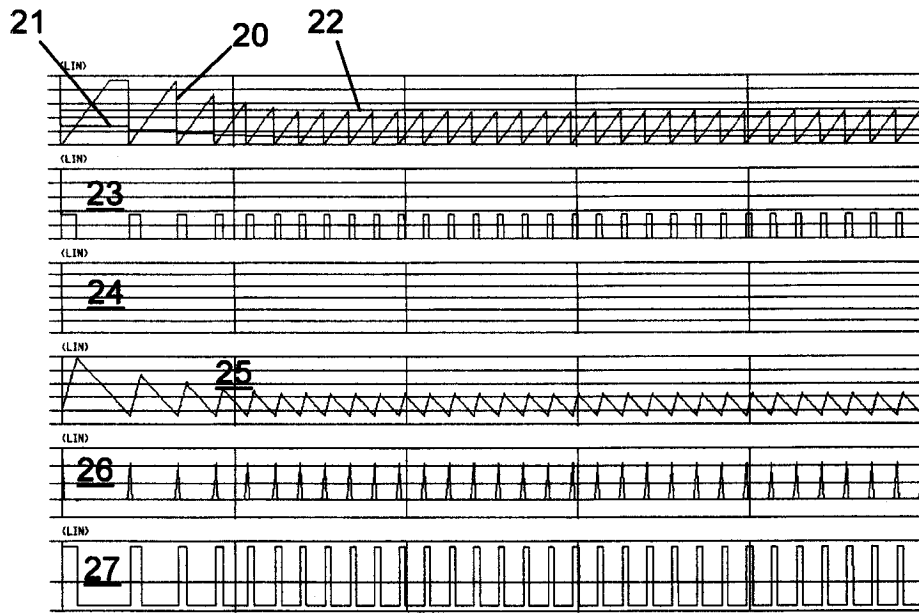


图 5

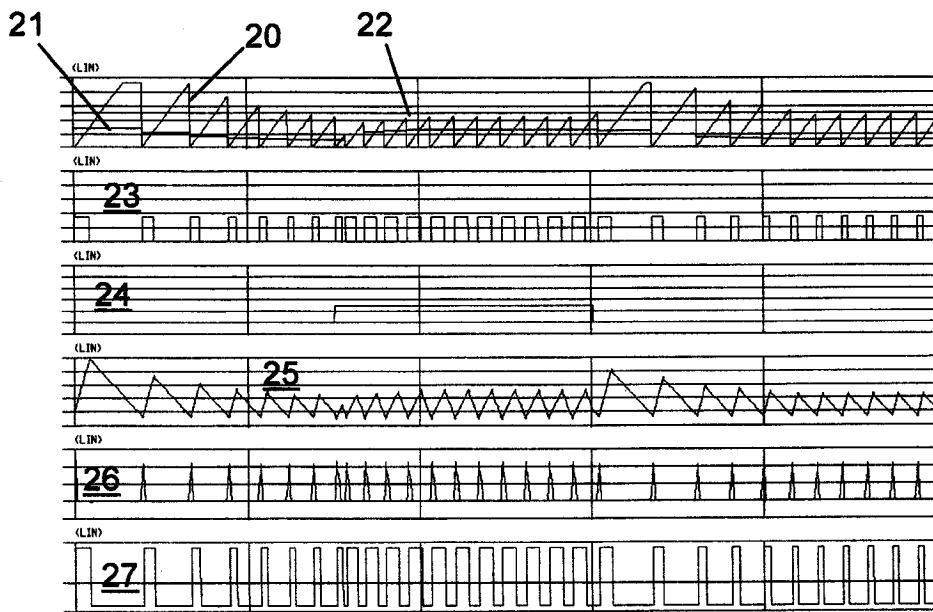


图 6

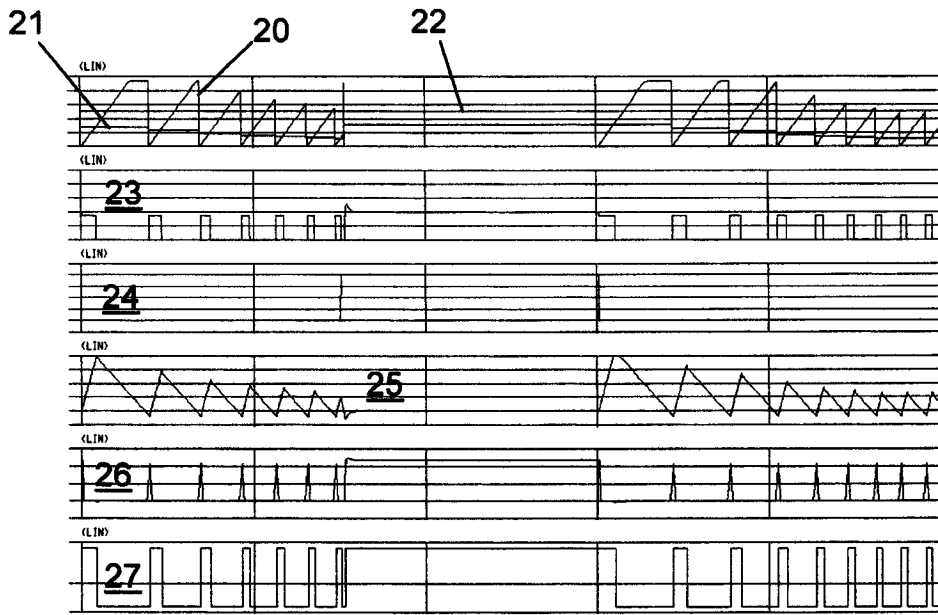


图 7

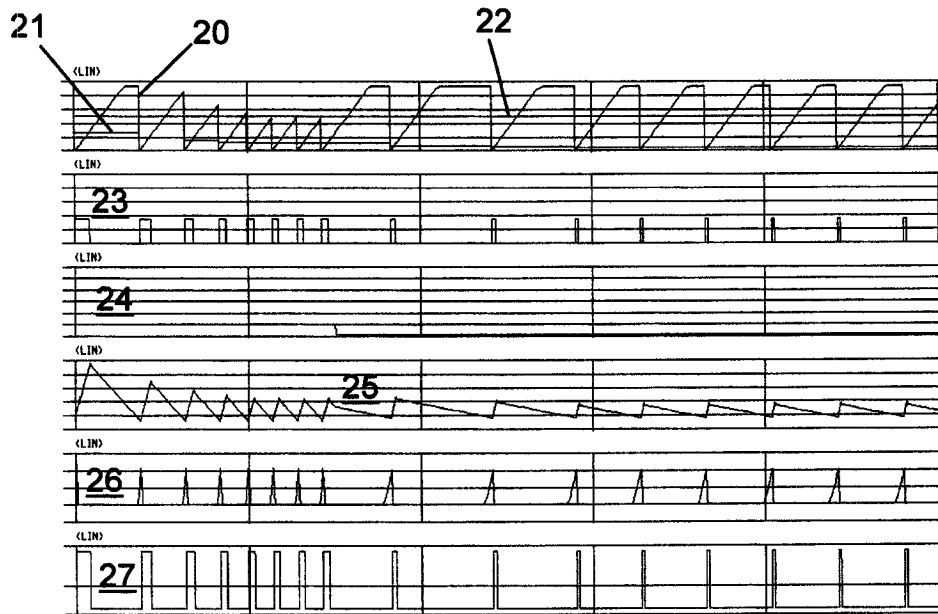


图 8

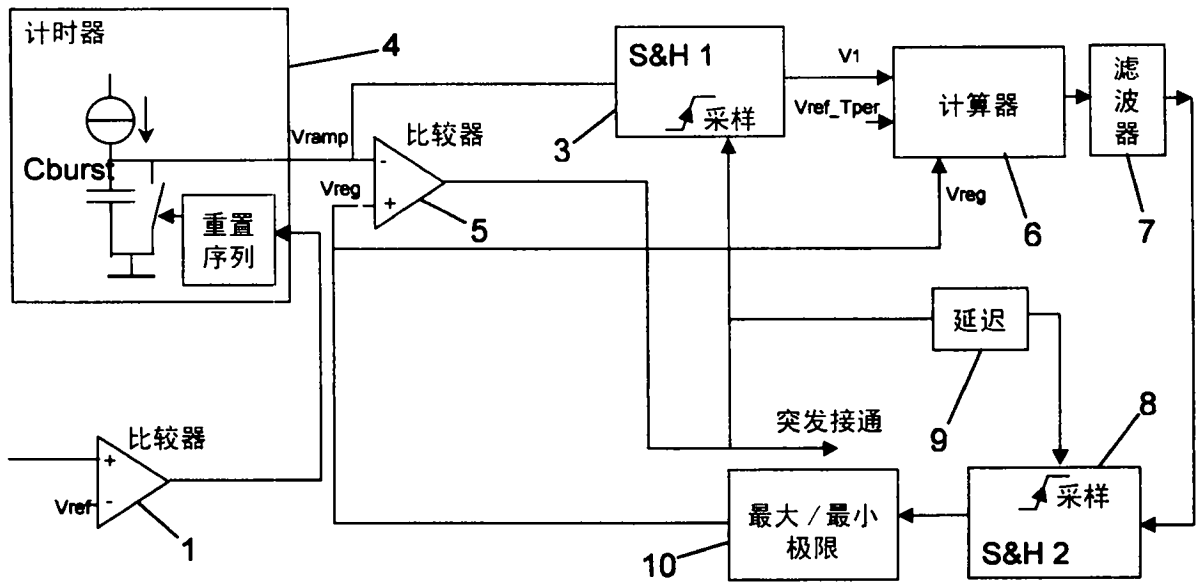


图 9

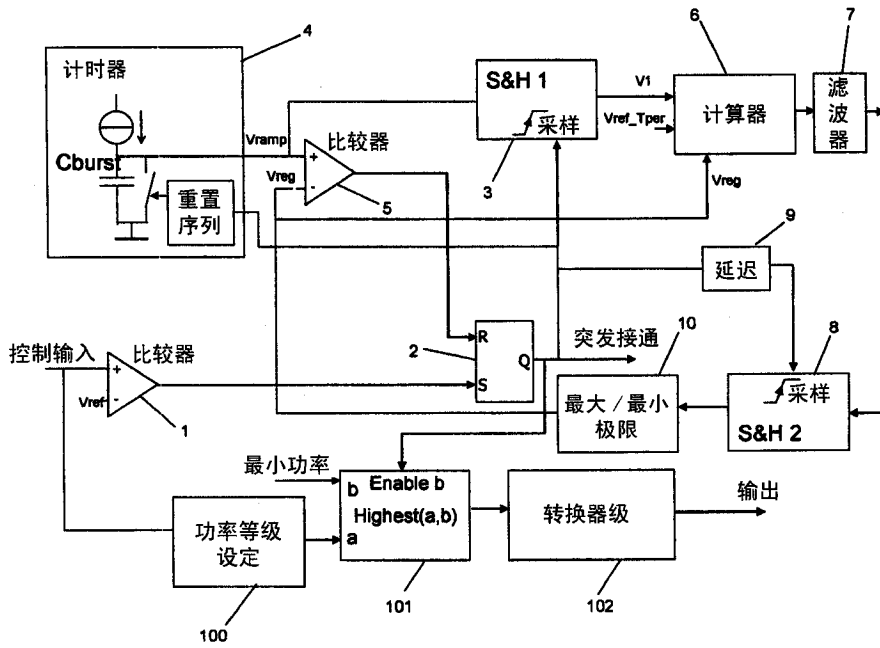


图 10