



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02155907.4

[43] 公开日 2003年6月18日

[11] 公开号 CN 1424812A

[22] 申请日 2002.12.5 [21] 申请号 02155907.4

[30] 优先权

[32] 2001.12.5 [33] JP [31] 370818/2001

[32] 2002.1.16 [33] JP [31] 006995/2002

[71] 申请人 TDK 股份有限公司

地址 日本东京都

[72] 发明人 八田昌治 畠山治彦 渡边正人

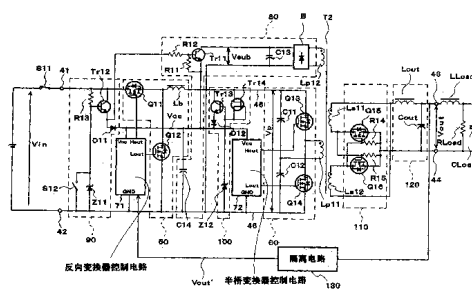
[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所
代理人 李德山

权利要求书 3 页 说明书 21 页 附图 9 页

[54] 发明名称 开关电源

[57] 摘要

公开了一种开关电源，在发送停止操作的指令时该开关电源能够防止输出电压 (V_{out}) 波动或冲。根据本发明的开关电源应用具有初级线圈和次级线圈的变压器、连接在变压器的输入端和初级线圈之间的开关电路、连接到变压器的次级线圈的整流器、位于整流器的随后级上并包括输出电容器的滤波电路、控制开关电路的控制电路和响应停止开关操作的指令至少使用存储在输出电容器中的能量给控制电路提供操作电压的操作电压产生电路。因此，本发明的开关电源基本线性地降低了输出电压 (V_{out})。



1. 一种开关电源，包括：

具有初级线圈和次级线圈的变压器；

连接在变压器的输入端和初级线圈之间的开关电路；

连接到变压器的次级线圈的整流器；

控制开关电路的控制电路；以及

第一和第二操作电压产生电路，每个操作电压产生电路产生控制电路的操作电压；

由第一操作电压产生电路所产生的第一操作电压和由第二操作电压产生电路所产生的第二操作电压彼此具有不同的值。

2. 如权利要求 1 所述的开关电源，其中第一操作电压产生电路包括确定第一操作电压的值的第二齐纳二极管，第二操作电压产生电路包括确定第二操作电压的值的第二齐纳二极管，第二齐纳二极管的齐纳电压和第一齐纳二极管的齐纳电压彼此具有不同的值。

3. 如权利要求 2 所述的开关电源，其中第一操作电压产生电路进一步包括与第二齐纳二极管并联的操作开关。

4. 如权利要求 1 所述的开关电源，其中开关电路包括在变压器的输入端和初级线圈之间串联的第一和第二变换器。

5. 如权利要求 2 所述的开关电源，其中开关电路包括在变压器的输入端和初级线圈之间串联的第一和第二变换器。

6. 如权利要求 5 所述的开关电源，其中控制电路包括控制第一变换器的第一变换器控制电路和控制第二变换器的第二变换器控制电路，第一操作电压产生电路给第一和第二变换器控制电路所公用的电源线提供第一操作电压，而第二操作电压产生电路给该电源线提供第二操作电压。

7. 如权利要求 6 所述的开关电源，其中在第一操作电压产生电路处于有效状态时启动第一和第二第二变换器控制电路，在第二操作电压产生电路处于有效状态时停止第一和第二第二变换器控制电路。

8. 如权利要求 6 所述的开关电源, 其中第一变换器控制电路的最小操作电压和第二变换器控制电路的最小操作电压彼此具有不同的值。

9. 如权利要求 6 所述的开关电源, 其中进一步包括使用在变压器的初级侧上的辅助线圈上出现的电压, 将第三操作电压提供给电源线的辅助电源电路。

10. 如权利要求 9 所述的开关电源, 其中第三操作电压高于第一和第二操作电压。

11. 如权利要求 4 所述的开关电源, 其中第一变换器是从反向变换器和升压变换器中选择的, 并且第一变换器是从半桥变换器、正向变换器、全桥变换器和推挽变换器中选择的。

12. 如权利要求 1 所述的开关电源, 其中整流器是自驱动型的。

13. 一种开关电源, 包括:

具有初级线圈和次级线圈的变压器;

连接在变压器的输入端和初级线圈之间的开关电路;

连接到变压器的次级线圈的整流器;

位于整流器的随后级上并包括输出电容器的滤波电路;

控制开关电路的控制电路; 以及

响应指令以停止开关操作, 至少使用存储在输出电容器中的能量给控制电路提供操作电压的装置。

14. 如权利要求 13 所述的开关电源, 其中在正常操作的过程中从该装置中提供的操作电压低于提供给控制电路的操作电压。

15. 如权利要求 13 所述的开关电源, 其中整流器是自驱动型的。

16. 如权利要求 14 所述的开关电源, 其中整流器是自驱动型的。

17. 一种开关电源, 包括:

具有初级线圈和次级线圈的变压器;

串联连接在变压器的输入端和初级线圈之间的第一和第二变换器;

连接到变压器的次级线圈的整流器;

控制第一和第二变换器的控制电路；以及
响应指令以停止开关操作，从而以第一和第二变换器的顺序停止
第一和第二变换器的操作的装置。

18. 如权利要求 14 所述的开关电源，其中，在发送指令时的时刻到停止第二变换器的操作的时刻的期间中，该停止装置应用从变压器的次级侧提供的能量使第二变换器的操作继续。

19. 如权利要求 17 所述的开关电源，其中整流器是自驱动型的。

20. 如权利要求 18 所述的开关电源，其中整流器是自驱动型的。

开关电源

技术领域

本发明涉及一种开关电源，更具体地说，涉及一种在开关电源的操作停止时能够防止输出电压 V_{out} 下冲和波动的开关电源。

背景技术

开关电源广泛地用作电子和电器设备比如计算机的电源。

附图 7 所示为常规的开关电源的电路图。

如在附图 7 中所示，常规的开关电源由变压器 T1、位于变压器 T1 的初级侧的开关电路和位于变压器 T1 的次级侧上的自驱动型整流器和滤波电路。开关电源降低在提供到位于初级侧上的开关电路上的电压 V_{in} 中的 DC（直流）输入电压以产生 DC 输出电压 V_{out} 并将它提供给负载。在附图 7 中，负载表示为电阻部件 RLoad、电容部件 CLoad 和电阻部件 LLoad。

控制电路 10 基于输出电压 V_{out} 控制包括在初级侧的开关电路中的主开关 Q1 和 Q2。具体地说，在输出电压 V_{out} 相对于所需的电压增加时控制电路 10 降低主开关 Q1 和 Q2 的占空系数以降低提供到负载的电功率，而在输出电压 V_{out} 相对于所需的电压降低时控制电路 10 升高主开关 Q1 和 Q2 的占空系数以增加提供到负载的电功率。因此，提供到负载的输出电压 V_{out} 可以总是稳定在所需的电压上。因为控制电路 10 属于初级侧，所以控制电路 10 不能直接接受输出电压 V_{out} 。因此，通过隔离电路 20 给控制电路 10 提供与输出电压 V_{out} 相关的电压 V_{out}' 。

通过运行由晶体管 Tr1、电阻 R1 和齐纳二极管 Z1 组成的操作电压产生电路产生控制电路 10 的操作电压 V_{cc} 。电容器 C3 连接在控制电路 10 的电源端子之间以稳定操作电压 V_{cc} 。在操作开关 S1 处于接

通状态时启动操作电压产生电路,而在操作开关 S1 处于切断状态时停止操作电压产生电路。从外部可以控制操作开关 S1。在要开始在附图 7 中所示的开关电源的操作时,接通操作开关 S1;在要开始终止在附图 7 中所示的开关电源的操作时,切断操作开关 S1。

包括在次级整流器中的整流开关 Q3 和 Q4 通过变压器 T1 的次级电压自驱动。此外,电阻 R2 和 R3 分别插入在整流开关 Q3 和 Q4 的栅电极和源电极之间,以防止整流开关 Q3 和 Q4 的栅电极处于浮动状态。

接着,解释在附图 7 中所示的常规的开关电源的操作。

附图 8 所示为在附图 7 中的常规的开关电源的操作的时序图。

如附图 8 所示,在操作开关 S1 处于接通状态时,在控制电路 10 的控制下以预定的开关频率将主开关 Q1 和 Q2 的栅源电压 $V_{GS}(Q1)$ 和 $V_{GS}(Q2)$ 交替地激励到较高的电平。结果,变压器 T1 的初级电压 V_{LP} 的极性交替地反向,因此初级侧电容器 C1 和 C2 交替地充电和放电。

与初级侧的操作同步地,在变压器 T1 的次级线圈 Ls1 和 Ls2 上出现的次级电压的极性也交替地反向,因此以预定的开关频率交替地使整流开关 Q3 和 Q4 处于接通状态。更具体地说,在由于栅源电压 $V_{GS}(Q1)$ 处于高电平使主开关 Q1 处于接通状态的同时,整流开关 Q3 的栅源电压 $V_{GS}(Q3)$ 上升到比它的阈值电压高在初级线圈 Ls2 上出现的电压(次级电压)的电压,由此整流开关 Q3 接通。在另一方面,在由于栅源电压 $V_{GS}(Q2)$ 处于高电平使主开关 Q2 处于接通状态的同时,整流开关 Q4 的栅源电压 $V_{GS}(Q4)$ 上升到比它的阈值电压高在初级线圈 Ls1 上出现的电压(次级电压)的电压,由此整流开关 Q4 接通。

结果,对交替反向的极性的次级电压进行了整流。通过滤波电路对经整流的电压进行滤波,该滤波电路由输出电抗器 Lout 和输出电容器 Cout 组成,因此产生了稳定的输出电压 Vout。

在另一方面,在某一时间切断操作开关 S1 时,控制电路 10 的操

作停止,因为晶体管 Tr1 切断,因此整流开关 Q1 和 Q2 处于切断状态。即停止了开关操作。

然而,因为在操作开关 S1 切断时停止了开关电路的操作,因此整流开关 Q3 和 Q4 中的一个或另一个开关处于接通状态,并且反向电流开始从输出电容器 Cout 和负载的电容部件 CLoad 流到输出电抗器 Lout。

附图 8 所示为在整流开关 Q3 响应操作开关 S1 的切断首先保持在接通状态的情况。在这种情况下,因为停止了初级侧的开关电路,所以整流开关 Q3 的栅电极的电荷的放电通路实质仅仅为电阻 R2。因此,由于流经电阻器 R2 的电流的作用,整流开关 Q3 的栅源电压 $V_{GS}(Q3)$ 渐渐下落。在这个期间,流到输出电抗器 Lout 的反向电流继续。

在另一方面,由于通过输出电容器 Cout 和负载的电容部件 CLoad 的放电和来自整流开关 Q3 的栅电极的电荷通过电阻 R2 的放电造成输出电压 Vout 和次级电压降低,在因为整流开关 Q3 的栅源电压 $V_{GS}(Q3)$ 下落到它的阈值电压以下造成整流开关 Q3 切断时,在变压器 T1 上的逆程电压上升。逆程电压通过变压器 T1 升高了在开关电路中的内部电压 V_p , 并升高了整流开关 Q4 的栅源电压 $V_{GS}(Q4)$ 。因此,整流开关 Q4 保持接通。

如附图 8 所示,因为通过整流开关 Q4 流到输出电抗器 Lout 中电流的方向临时变成正向,因此在这个期间对输出电容器 Cout 和负载的电容部件 CLoad 进行充电,因此输出电压 Vout 增加。

然后,在流到输出电抗器 Lout 的电流的方向反向时,由于通过输出电容器 Cout 和负载的电容部件 CLoad 的放电和来自整流开关 Q4 的栅电极的电荷通过电阻 R3 的放电造成输出电压 Vout 和次级电压降低,整流开关 Q4 的栅源电压 $V_{GS}(Q4)$ 逐渐下落。然后,由于整流开关 Q4 的栅源电压 $V_{GS}(Q4)$ 下落到它的阈值电压之下,在整流开关 Q4 切断时,在变压器 T1 上的逆程电压再次上升,该逆程电压通过变压器 T1 升高了在开关电路中的内部电压 V_p , 并升高了整流开关 Q3 的栅源电压 $V_{GS}(Q3)$ 。因此,整流开关 Q3 保持接通。

这种操作周期性地地进行直到输出电容器 C_{out} 和负载的电容部件 C_{Load} 被次级侧电路和负载的电阻部件 R_{Load} 所消耗。因此，输出电压 V_{out} 逐渐降低同时在比开关周期长得多的周期上产生波动，此外，在开关电路中的内部电压 V_p 逐渐增加。

如上文所描述，在常规的开关电源中，因为输出电压 V_{out} 并不是线性下降，而是逐渐下落，同时在比开关周期长得多的周期上产生波动，即使发出了停止操作开关电源的指令（开关 S_1 切断），在负载中仍然可能产生某些故障。例如，可以将负载设计成识别开关电源的操作何时已经停止并在输出电压 V_{out} 已经下落到预定电压之下时执行一定的操作。但是如果输出电压 V_{out} 逐渐降低同时波动，则识别开关电源是否已经停止变得较困难。

此外，在常规的开关电源中，因为在操作终止的过程中在开关电路中的内部电压 V_p 逐渐增加，所以可能损失了在初级侧使用的电部件。这增加了开关电源的成本。

此外，在常规的开关电源中，因为在操作终止的过程中较大的电流流经输出电抗器 L_{out} 、变压器 T_1 的次级线圈 L_{s1} 和 L_{s2} 和整流开关 Q_3 和 Q_4 ，并且因为输出电抗器 L_{out} 、变压器 T_1 的次级线圈 L_{s1} 和 L_{s2} 和整流开关 Q_3 和 Q_4 释放了 释放大量的热，所以可能降低开关电源的可靠性。

在负载的电阻部件 R_{Load} 变大时这些问题更加突出。因此，在轻负载的情况下在发出了终止操作的指令时，问题非常严重。此外，因为在负载的电容部件 C_{Load} 变大时这些问题更加突出，因此电功率提供给具有较大的电容部件 C_{Load} 的负载时这些问题也非常严重。

在另一方面，虽然在负载的电阻部件 R_{Load} 相当小（即负载较重）时这些问题并不严重，但是在这种情况下，在由于输出电压 V_{out} 的下冲（undershoot）的缘故在操作终止的过程中在负载中可能出现某些故障。例如，在输出电压 V_{out} 变为负时，在负载中使用的集成电路（IC）中的寄生二极管等可能接通。由于这造成了较大的电流流经 IC，因此 IC 可能产生故障或被损坏。

附图 9 所示为在操作终止的过程中输出电压 V_{out} 的下冲的时序图。

如在附图 9 中所示，在通过切断操作开关 S1 来停止初级侧的开关电路的操作时，流经电阻部件 RLoad 的电流 I_{RLoad} 从输出电压 V_{out} 的输出电流 I_{Lout} 改变到输出电容器 Cout 的放电电流 I_{Cout} ，并且在负载的电抗部件 LLoad 上的电压 V_{LLoad} 上升，因此电流继续流动。结果，输出电压 V_{out} 变为负，即出现了下冲。然后，如果下冲电压达到整流开关 Q3 和 Q4 的体二极管的正向电压 V_f ，则这些体二极管接通。结果，电流开始流经由整流开关 Q3（体二极管）、变压器 T1 的次级线圈 L_{s1} 、输出电抗器 Lout 和输出电容器 Cout 组成的 LCR 串联电路和由整流开关 Q4（体二极管）、变压器 T1 的次级线圈 L_{s2} 、输出电抗器 Lout 和输出电容器 Cout 组成的另一 LCR 串联电路。因此，下冲电压的峰值钳位在 $-V_f$ 的周围。

在此，在电阻部件 RLoad、电抗部件 LLoad 和输出电容器 Cout 之间的关系满足公式 (1) 时，这些 LCR 串联电路振荡。结果出现下冲。

$$R_{Load}^2 < 4 \cdot \frac{L_{Load}}{C_{out}} \quad \dots (1)$$

从公式 (1) 中可以看出，在电阻部件 RLoad 较小时（在负载较重时）易于产生下冲。为了防止开关电源产生下冲，因为电阻部件 RLoad 和电抗部件 LLoad 都属于该负载，所以需要足够电容的附加的电容器 Cex 与输出电容器 Cout 并联。这就导致了不希望地增加部件的数量。通过公式 (2) 可以表示防止下冲附加的电容器 Cex 所需的电容。

$$C_{ex} > 4 \cdot \frac{L_{Load}}{R_{Load}^2} - C_{out} \quad \dots (2)$$

因为在电阻部件 Road 较小时这种问题较突出，因此在使用开关电源驱动要求较低的电压和较大的电流的负载比如服务器计算机时它变得较严重。

如上文所解释，常规的开关电源具有两个主要的问题：一个问题是在发出了停止开关电源的操作的指令时输出电压 V_{out} 逐渐降低同

时在非常长的周期时间上波动；另一个问题是在发出了停止开关电源的操作的指令时在输出电压 V_{out} 中出现下冲。在电阻部件 R_{load} 较大时前一问题变得突出，而在电阻部件 R_{load} 较小时后一问题较突出。后一问题是否出现取决于整流器是否是自驱动型。

发明内容

因此本发明的一个发明目的是提供一种开关电源，在发出停止开关电源的操作的指令时该开关电源能够防止输出电压 V_{out} 下冲。

因此本发明的另一个发明目的是提供一种开关电源，在发出停止开关电源的操作的指令时该开关电源能够防止输出电压 V_{out} 波动。

因此本发明的另一个发明目的是提供一种开关电源，在发出停止开关电源的操作的指令时该开关电源能够防止开关电源的内部电压 V_p 逐渐增加。

因此本发明的另一个发明目的是提供一种开关电源，在发出停止开关电源的操作的指令时该开关电源能够防止大量的电流流经输出电抗器 L_{out} 、变压器 T1 的次级线圈 L_{s1} 和 L_{s2} 和整流开关 Q3 和 Q4。

通过包括如下结构的开关电源可以实现本发明的上述目的和它的目的：

具有初级线圈和次级线圈的变压器；

连接在变压器的输入端和初级线圈之间的开关电路；

连接到变压器的次级线圈的整流器；

控制开关电路的控制电路；以及

第一和第二操作电压产生电路，每个操作电压产生电路产生控制电路的操作电压；

由第一操作电压产生电路所产生的第一操作电压和由第二操作电压产生电路所产生的第二操作电压彼此具有不同的值。

在本发明的优选方面，第一操作电压产生电路包括确定第一操作电压的值的第二齐纳二极管，第二操作电压产生电路包括确定第二操作电压的值的第二齐纳二极管，第一齐纳二极管的齐纳电压和第二齐

纳二极管的齐纳电压彼此具有不同的值。

在本发明的进一步优选方面，第一操作电压产生电路进一步包括与第一齐纳二极管并联的操作开关。

在本发明的进一步优选方面，开关电路包括在变压器的输入端和初级线圈之间串联的第一和第二变换器。

在本发明的进一步优选方面，控制电路包括控制第一变换器的第一变换器控制电路和控制第二变换器的第二变换器控制电路，第一操作电压产生电路给为第一和第二变换器控制电路所公用的电源线提供第一操作电压，而第二操作电压产生电路给该电源线提供第二操作电压。

在本发明的进一步优选方面，在第一操作电压产生电路处于有效状态时启动第一和第二第二变换器控制电路，在第二操作电压产生电路处于有效状态时停止第一和第二第二变换器控制电路。

在本发明的进一步优选方面，第一变换器控制电路的最小操作电压和第二变换器控制电路的最小操作电压彼此具有不同的值。

在本发明的进一步优选方面，该开关电源进一步包括使用在变压器的初级侧上的辅助线圈上出现的电压，将第三操作电压提供给电源线的辅助电源电路。

在本发明的进一步优选方面，第三操作电压高于第一和第二操作电压。

在本发明的进一步优选方面，第一变换器是从反向变换器和升压变换器中选择的，并且第一变换器是从半桥变换器、正向变换器、全桥变换器和推挽变换器中选择的。

在本发明的进一步优选方面，整流器是自驱动型的。

根据本发明的这些方面，因为由第一操作电压产生电路所产生的第一操作电压和由第二操作电压产生电路所产生的第二操作电压不同，因此控制电路可以在正常操作的过程中使用从一个操作电压产生电路提供的操作电压进行操作，并且在发送了停止开关电源的操作的指令之后使用从另一个操作电压产生电路提供的操作电压进行操作。

即，在发送了该指令之后可以继续开关操作。因此，因为输出电压基本线性地降低并且没有波动或下冲，因此可以有效地避免负载的故障。

具体地说，在整流器是自驱动型的情况下，在发送了停止开关电源的操作的指令时防止在初级侧上的开关电路中的内部电压逐渐增加。因此可以有效地保护在初级侧上使用的电部件不受损坏。此外，因为不需要使用耐高压的部件，因此降低了开关电源的成本。此外，因为在发送指令时较大的电流不流经输出电抗器、变压器的次级线圈和整流器，因此可以提高开关电源的可靠性。

因此，本发明的开关电源适合于作为给具有较大电容部件 CLoad 的负载提供电功率的开关电源。此外，本发明的特别适合于作为给易于经常呈轻负载状态的负载提供电功率的开关电源。此外，本发明的开关电源还适合于给要求较低的电压和较大的电流的负载（比如服务器计算机）提供电功率的开关电源。即，根据本发明，即使在较重的负载状态或较轻的负载状态下发送了停止开关电源的操作的指令，该开关电源也能够基本线性地降低它的输出电压。

本发明的上述目的和其它目的还可以通过如下的开关电源实现，该开关电源包括：

- 具有初级线圈和次级线圈的变压器；
- 连接在变压器的输入端和初级线圈之间的开关电路；
- 连接到变压器的次级线圈的整流器；
- 位于整流器的随后级上并包括输出电容器的滤波电路；
- 控制开关电路的控制电路；以及

响应指令以停止开关操作，至少使用存储在输出电容器中的能量给控制电路提供操作电压的装置。

在本发明的优选方面，在正常操作的过程中从该装置中提供的操作电压低于提供给控制电路的操作电压。

在本发明的进一步优选方面，整流器是自驱动型的。

根据本发明这些方面，该开关电源能够基本线性地降低它的输出电压而不波动或下冲。因此能够有效地避免负载的故障。具体地说，

在整流器是自驱动型的情况下，在发送了停止开关电源的操作的指令时能够防止在初级侧的开关电路中的内部电压逐渐增加。因此可以有效地保护在初级侧上使用的电部件不受损坏。此外，因为不需要使用耐高压的部件，因此降低了开关电源的成本。此外，因为在发送指令时较大的电流不流经输出电抗器、变压器的次级线圈和整流器，因此可以提高开关电源的可靠性。

本发明的上述目的和其它目的还可以通过如下的开关电源实现，该开关电源包括：

具有初级线圈和次级线圈的变压器；

串联连接在变压器的输入端和初级线圈之间的第一和第二变换器；

连接到变压器的次级线圈的整流器；

控制第一和第二变换器的控制电路；以及

响应指令以停止开关操作，从而第一和第二变换器的顺序停止第一和第二变换器的操作的装置。

在本发明的优选方面，在发送指令时的时刻到停止第二变换器的操作的时刻的期间中，该停止装置应用从变压器的次级侧提供的能量使第二变换器的操作继续。

在本发明的进一步优选方面，整流器是自驱动型的。

根据本发明这些方面，该开关电源能够基本线性地降低它的输出电压而不波动或下冲。因此能够有效地避免负载的故障。具体地说，在整流器是自驱动型的情况下，在发送了停止开关电源的操作的指令时能够防止在第二变换器中的内部电压逐渐增加。因此能够有效地保护在初级侧上使用的电部件不受损坏。此外，因为不需要使用耐高压的部件，因此降低了开关电源的成本。此外，因为在发送指令时较大的电流不流经输出电抗器、变压器的次级线圈和整流器，因此可以提高开关电源的可靠性。

通过阅读下文参考附图的描述本发明的上述目的和其它目的和特征将会更加清楚。

附图说明

附图 1 所示为说明本发明的优选实施例的开关电源的电路图。

附图 2 所示为在负载的电阻部件 R_{Load} 相当大时在附图 1 中所示的开关电源的操作的时序图。

附图 3 所示为在附图 2 中所示的时序图的原理部分的放大时序图。

附图 4 所示为在负载的电阻部件 R_{Load} 相当小时在附图 1 中所示的开关电源的操作的时序图。

附图 5 所示为在附图 1 中所示的开关电源的变型实例的电路图。

附图 6 所示为作为本发明的另一优选实施例的开关电源的电路图。

附图 7 所示为说明常规的开关电源的电路图。

附图 8 所示为在附图 7 中所示的常规的开关电源的操作的时序图。

附图 9 所示为在发送了停止开关电源的操作的指令时输出电压 V_{out} 的下冲的时序图。

具体实施方式

参考附图详细地解释本发明的优选实施例。

附图 1 所示为作为本发明的优选实施例的开关电源的电路图。

如附图 1 所示，本实施例的开关电源可以降低提供到一对输入功率端子 41 和 42 中的 DC（直流）输入电压 V_{in} 以在一对输出功率端子 43 和 44 之间产生直流输出电压 V_{out} 并将该 DC 输出电压 V_{out} 提供给负载。本实施例的开关电源由连接到输入功率端子 41 和 42 的反向变换器电路 50、连接到反向变换器电路 50 以激励变压器 T2 的初级线圈 L_{p11} 的半桥变换器电路 60、控制反向变换器电路 50 的反向变换器控制电路 71、控制半桥变换器电路 60 的半桥变换器控制电路 72、在正常操作的过程中为反向变换器控制电路 71 和半桥变换器控制电

路 72 产生工作电压 V_{cc} 的辅助电源电路 80、在操作的开始的过程中产生工作电压 V_{cc} 的第一操作电压产生电路 90、在操作的终止的过程中产生工作电压 V_{cc} 的第二操作电压产生电路 100、位于变压器 T2 的次级侧上的自驱动型整流器 110 和连接在整流器 110 和输出功率端子 43 和 44 之间的滤波电路 120。

此外,在输入 DC 电源和输入功率端子 41 之间提供操作开关 S11。为了启动开关电源,必需从外部将操作开关 S11 改变到接通状态。虽然操作开关 S11 并不是包括在开关电源中的部件,但是它可以是包括在开关电源中的部件。

反向变换器电路 50 包括主开关 Q11 和 Q12 和滤波电抗器 Lb。如在附图 1 中所示,主开关 Q11 和滤波电抗器 Lb 串联连接在高压侧输入功率端子 41 和半桥变换器电路 60 之间。主开关 Q12 连接在低压侧输入功率端子 42 和主开关 Q11 和滤波电抗器 Lb 的节点之间。反向变换器电路 50 可以降低在输入功率端子 41 和 42 之间提供的输入电压 V_{in} 以在一对内部线 45 和 46 之间产生直流内部电压 V_p 。

半桥变换器电路 60 包括串联连接在该对内部线 45 和 46 之间的主开关 Q13 和主开关 Q14 和串联连接在该对内部线 45 和 46 之间的初级侧电容器 C11 和 C12。如附图 1 所示,变压器 T2 的初级线圈 Lp11 连接在主开关 Q13 和主开关 Q14 的节点和初级侧电容器 C11 和 C12 的节点之间。

反向变换器控制电路 71 是这样的电路:它控制包括在反向变换器电路 50 中的主开关 Q11 和 Q12 的开关操作以便在反向变换器控制电路 71 的控制下以预定的停滞时间依次使主开关 Q11 和 Q12 进入接通状态。反向变换器控制电路 71 基于输出电压 V_{out} 的电平控制主开关 Q12 的占空系数。具体地说,在输出电压 V_{out} 相对于所需的电压增加时反向变换器控制电路 71 降低主开关 Q12 的占空系数以降低通过内部线 45 和 46 提供到半桥变换器电路 60 的电功率,而在输出电压 V_{out} 相对于所需的电压降低时升高主开关 Q11 的占空系数以增加通过内部线 45 和 46 提供到半桥变换器电路 60 的电功率。因此,给半桥

变换器电路 60 提供了具有稳定的电平的内部电压 V_p ，该稳定的电平取决于直流输入电压 V_{in} 和主开关 Q12 的占空系数。

因为反向变换器控制电路 71 属于初级侧，所以反向变换器控制电路 71 不能直接接收输出电压 V_{out} 。因此通过隔离电路 130 给反向变换器控制电路 71 提供与输出电压 V_{out} 相关的电压 V_{out}' 。下文将解释反向变换器控制电路 71 的最小操作电压。

半桥变换器控制电路 72 是这样的一种电路：它控制包括在半桥变换器电路 60 中的主开关 Q13 和主开关 Q14 的开关操作以便主开关 Q13 和主开关 Q14 依次以固定的占空系数进入接通状态。因此，在该对输出功率端子 43 和 44 之间出现了具有稳定的电平的输出电压 V_{out} ，该稳定的电平取决于内部电压 V_p 和变压器 T2 的匝数比。下文将解释半桥变换器控制电路 72 的最小操作电压。

辅助电源电路 80 是这样的一种电路：用于在正常操作的过程中产生用于反向变换器控制电路 71 和半桥变换器控制电路 72 的工作电压。辅助电源电路 80 由二极管桥路 B、滤波电容器 C13 和 C14、晶体管 Tr11 和电阻 R11 和 R12 构成。二极管桥路 B 是对在变压器 T2 的初级侧上的辅助线圈 L_{p12} 上出现的电压进行整流的电路。在二极管桥路 B 的输出节点之间出现的电压通过滤波电容器 C13 进行滤波以产生辅助功率电压 V_{sub} 。晶体管 Tr11 连接在二极管桥路 B 的高压侧输出节点和 V_{cc} 线之间。电阻 R11 连接在晶体管 Tr11 的基极和发射电极之间。二极管桥路 B 的低压侧输出节点直接连接到内部线 46。在半桥变换器电路 60 开始开关操作时具有上述结构的辅助电源电路 80 使用在辅助线圈 L_{p12} 上出现的电压将具有预定的电平的操作电压提供给 V_{cc} 线。通过辅助电源电路 80 提供到 V_{cc} 线的操作电压称为“ V_{cc1} ”。

第一操作电压产生电路 90 是这样的一种电路：用于在操作开始的过程中产生用于反向变换器控制电路 71 和半桥变换器控制电路 72 的操作电压。第一操作电压产生电路 90 由晶体管 Tr12、电阻 R13、齐纳二极管 Z11、二极管 D11 和操作开关 S12 构成。如附图 1 所示，

晶体管 Tr12 和二极管 D11 串联连接在高压侧输入功率端子 41 和 Vcc 线之间。电阻 R13 和齐纳二极管 Z11 串联连接在高压侧输入功率端子 41 和低压侧输入功率端子 42 之间。电阻 R13 和齐纳二极管 Z11 的节点连接到晶体管 Tr12 的基电极以使齐纳二极管 Z11 的齐纳电压 V_{z11} 应用到晶体管 Tr12 的基电极。因此，在晶体管 Tr12 进入接通状态时提供到 Vcc 线的电压可以表示为：

$$V_{z11} - 2V_{th}$$

（这里 V_{th} 表示在晶体管 Tr12 的基极和发射极电极之间的电压和二极管 D11 的正向电压两者）。通过第一操作电压产生电路 90 提供到 Vcc 线的操作电压称为“Vcc2”。

在本实施例中，选择齐纳二极管 Z11，其齐纳电压 V_{z11} 表示如下：

$$V_{cc1} > V_{cc2}$$

因此，仅在开关电源操作开始时启动第一操作电压产生电路 90。在半桥变换器电路 60 开始开关操作之后，晶体管 Tr12 进入切断状态以使第一操作电压产生电路 90 不包括在开关电源的操作中。

包括在第一操作电压产生电路 90 中的操作开关 S12 连接在齐纳二极管 Z11 的相对端之间。为了启动开关电源，必需从外部切断操作开关 S12。即，为了启动开关电源，操作开关 S11 必需接通而操作开关 S12 必需切断。可以通过切断操作开关 S11 或通过接通操作开关 S12 来终止开关电源的操作。

第二操作电压产生电路 100 是这样的电路：用于在操作终止的过程中产生用于反向变换器控制电路 71 和半桥变换器控制电路 72 的操作电压。第二操作电压产生电路 100 由晶体管 Tr13 和 Tr14、齐纳二极管 Z12 和二极管 D12 构成。晶体管 Tr13 和二极管 D12 串联在连接内部线 45 和 Vcc 线之间。晶体管 Tr14 连接在内部线 45 和晶体管 Tr13 的基电极之间。齐纳二极管 Z12 连接在晶体管 Tr13 的基电极和内部线 46 之间。晶体管 Tr14 的栅电极和源电极短接以使晶体管 Tr14 作为恒流元件使用。可以使用电阻器替代晶体管 Tr14。

将齐纳二极管 Z12 的齐纳电压 V_{z12} 设置成低于齐纳二极管 Z11

的齐纳电压 V_{Z11} 。因此，在操作开关 S11 处于接通状态并且操作开关 S12 处于切断状态时，因为晶体管 Tr12 的基极电压低于晶体管 Tr13 的基极电压，所以在晶体管 Tr13 的基极电极和发射极电极之间施加一个比晶体管 Tr13 的阈值电压更低的电压，然后将晶体管 Tr13 保持在切断状态。在晶体管 Tr11 处于切断状态时，第二操作电压产生电路 100 并不包括在开关电源的操作中。

在晶体管 Tr13 进入接通状态时，施加到 Vcc 线的电压表示为：

$$V_{Z12}-2V_{th}$$

（这里 V_{th} 表示在晶体管 Tr13 的基极和发射极电极之间的电压和二极管 D12 的正向电压两者）。通过第二操作电压产生电路 100 提供到 Vcc 线的操作电压称为“Vcc3”。

因为齐纳二极管 Z12 的齐纳电压 V_{Z12} 低于如前文所指出的齐纳二极管 Z11 的齐纳电压 V_{Z11} ，因此在 Vcc2 和 Vcc3 之间的关系可以表示为：

$$V_{cc2}>V_{cc3}$$

因此，由于操作开关 S11 切断或者操作开关 S12 接通的缘故，仅在晶体管 Tr12 处于切断时启动第二操作电压产生电路 100。

在本实施例的开关电源中，反向变换器控制电路 71 的最小的操作电压设置成低于 Vcc2 并且等于或大于 Vcc3，而半桥变换器控制电路 72 的最小的操作电压设置成低于 Vcc3。因此，在辅助电源电路 80 或第一操作电压产生电路 90 处于有效状态时反向变换器控制电路 71 可以驱动主开关 Q11 和 Q12，而在第二操作电压产生电路 100 处于有效状态并且辅助电源电路 80 和第一操作电压产生电路 90 都不处于有效状态时反向变换器控制电路 71 不能驱动主开关 Q11 和 Q12。在辅助电源电路 80、第一操作电压产生电路 90 和第二操作电压产生电路 100 中任一个处于有效状态时半桥变换器控制电路 72 就能够驱动主开关 Q13 和 Q14。

整流器 110 由整流开关 Q15 和 Q16 和电阻 R14 和 R15 构成。整流开关 Q15 连接在变压器 T2 的次级线圈 Ls11 和低压侧输出功率端子

44 之间。整流开关 Q16 连接在变压器 T2 的次级线圈 Ls12 和低压侧输出功率端子 44 之间。整流开关 Q15 的栅电极连接到次级线圈 Ls12，而整流开关 Q16 的栅电极连接到次级线圈 Ls11。即，整流器 110 是自驱动型的。此外，电阻 R14 和 R15 分别插入在整流开关 Q15 和 Q16 的栅电极和源电极之间，以防止它的栅电极处于浮动状态。

滤波电路 120 由连接在整流器 110 的整流端和高压侧输出功率端子 43 之间的输出电抗器 Lout 和连接在该对输出功率端子 43 和 44 之间的输出电容器 Cout 构成。

通过电阻部件 RLoad、电容部件 CLoad 和电抗部件 LLoad 可以表示负载，该负载不是包括在开关电源中的元件，并且它连接在该对输出功率端子 43 和 44 之间。

接着，解释本实施例的开关电源的操作。

附图 2 所示为本实施例的开关电源的操作的时序图。

为了启动本实施例的开关电源，操作开关 S11 必需改变到接通状态，并且必需从外部将操作开关 S12 改变到切断状态。在操作开关 S11 改变到接通状态并且操作开关 S12 改变切断状态时，Vcc 线的电平变为 Vcc2，因为在第一操作电压产生电路 90 中的晶体管 Tr12 接通。

由于这个缘故，反向变换器控制电路 71 和半桥变换器控制电路 72 都启动。具体地说，反向变换器控制电路 71 基于电压 Vout' 以一定占空系数依次使主开关 Q11 和 Q12 进入接通状态，而半桥变换器控制电路 72 以固定的占空系数依次使主开关 Q13 和 Q14 进入接通状态。

由于这个缘故，因为变压器 T2 的初级电压 VLP11 的极性交替地反向，并且与初级侧的操作同步，因此在变压器 T2 的次级线圈 Ls11 和 Ls12 上出现的次级电压也交替地反向，因此整流开关 Q15 和 Q16 交替地依次进入接通状态。结果，对交替反向的极性的次级电压进行了整流，并且通过滤波电路 120 对所整流的电压进行滤波以产生稳定的输出电压 Vout。

附图 3 所示为在附图 2 中所示的时序图的原理部分的放大时序图。

如附图 3 所示,在半桥变换器控制电路 72 的控制下在主开关 Q13 和 Q14 相互切换时,流经输出电抗器 L_{out} 的电流 $I_{L_{OUT}}$ 的频率变成开关频率的两倍,而流经变压器 T2 的初级线圈 L_{p11} 的电流 $I_{L_{P11}}$ 的频率变成与开关频率相同。在流经输出电抗器 L_{out} 的电流 $I_{L_{OUT}}$ 的方向为正向的情况下,对输出电容器 C_{out} 进行充电;在流经输出电抗器 L_{out} 的电流 $I_{L_{OUT}}$ 的方向为负向的情况下,输出电容器 C_{out} 放电。

在主开关 Q13 处于接通状态的周期中,在流经变压器 T2 的初级线圈 L_{p11} 的电流 $I_{L_{P11}}$ 的方向为正向的同时初级侧电容器 C11 放电,而在流经变压器 T2 的初级线圈 L_{p11} 的电流 $I_{L_{P11}}$ 的方向为负向的同时对初级侧电容器 C11 进行充电。虽然在附图 3 中没有示出,在主开关 Q14 处于接通状态的周期中,在流经变压器 T2 的初级线圈 L_{p11} 的电流 $I_{L_{P11}}$ 的方向为正向的同时对初级侧电容器 C12 进行充电,而在流经变压器 T2 的初级线圈 L_{p11} 的电流 $I_{L_{P11}}$ 的方向为负向的同时初级侧电容器 C12 放电。

在通过半桥变换器电路 60 的开关操作所产生的电压出现在变压器 T2 上的辅助线圈 L_{p12} 上时,辅助电源电路 80 将操作电压 V_{cc1} 提供给 V_{cc} 线的电平。然后,停止第一操作电压产生电路 90。

在另一方面,在操作开关 S12 在所需的时间上充电到接通状态时,晶体管 Tr12 切断,因为它的基极电压降低了。在晶体管 Tr12 切断时,晶体管 Tr11 也切断,因为它的基极电压也降低了。

由于这个原因, V_{cc} 的电平降低,然后晶体管 Tr13 接通,因为在它的基极和发射极电极之间的电压超过它的阈值电压。然后, V_{cc} 线的电平变成 V_{cc3} , 因此反向变换器控制电路 71 的操作终止。即,主开关 Q11 和 Q12 都呈切断状态。在另一方面,因为将半桥变换器控制电路 72 的最小操作电压设定成低于 V_{cc3} , 因此主开关 Q13 和 Q14 继续开关操作。

因此,整流开关 Q15 和 Q16 也以正常的开关频率继续开关操作,并且整流开关 Q15 和 Q16 都不会象常规的开关电源那样保持在接通状态。

如前文所述,根据本实施例的开关电源,在通过接通操作开关 S12 发送停止开关电源的操作的指令之后,主开关 Q13 和 Q14 仍然继续开关操作,因此存储在负载的电容部件 CLoad 和输出电容器 Cout 中的能量逐渐被负载的电阻部件 RLoad、主开关 Q13 和 Q14、整流开关 Q15 和 Q16 等消耗掉,因此降低了输出电压 Vout。在这个期间,由于主开关 Q13 和 Q14 继续以正常的开关频率进行开关操作,因此输出电压 Vout 并不会象常规开关电源那样降低而且波动,但输出电压 Vout 基本线性地降低。

此外,在本实施例的开关电源中,即使在操作开关 S12 改变到接通状态时主开关 Q13 和 Q14 仍然继续开关操作。因此,与常规的开关电源不同的是,不会产生逆程电压,因此在开关电路中的内部电压 Vp 不会增加。在开关电路中的内部电压 Vp 如附图 2 所示那样线性地降低。在另一方面,在 Vcc 线电平降低了半桥变换器控制电路 72 的最小操作电压时,所有的开关操作都终止。在这时,因为已经消耗了存储在输出电容器 Cout 和负载的电容部件 CLoad 中的大部分能量,因此输出电压 Vout 不会象常规的开关电源那样在非常长的时间周期上波动。

此外,因为在操作开关 S12 改变接通状态之后主开关 Q13 和 Q14 的开关操作与在正常的操作过程中的开关操作相同,因此流经输出电抗器 Lout 的电流与正常操作的电流相同,并且没有异常电流流动。

此外,在本实施例的开关电源中,因为在通过操作开关 S12 的接通发送停止开关电源的操作的指令之后,主开关 Q13 和 Q14 继续开关操作,所以在满足如下的公式 (3) 时由整流开关 Q15 (体二极管)、变压器 T2 的次级线圈 Ls11、输出电抗器 Lout 和输出电容器 Cout 组成的 LCR 串联电路和由整流开关 Q16 (体二极管)、变压器 T2 的次级线圈 Ls12、输出电抗器 Lout 和输出电容器 Cout 组成的另一 LCR 串联电路振荡:

$$R_{Load}^2 < 4 \cdot \frac{L_{Load}}{C_{out} + \left(\frac{N1}{N2}\right)^2 \cdot (C11 + C12)} \quad \dots (3)$$

这里 $N1$ 表示变压器 T2 的初级线圈 $Lp11$ 的匝数, $N2$ 表示变压器 T2 的次级线圈 $Ls11$ 和 $Ls12$ 的匝数。

从公式 (3) 中可以看出, 根据本实施例, 因为将初级侧电容器 C11 和 C12 的电容加入到公式 (1) 中, 所以 LCR 串联电路阻止了振荡。因此, 通过应用初级侧电容器 C11 和 C12 的电容但不使用任何附加的电容器 Cex 可以防止输出电压 V_{out} 的下冲。

附图 4 所示为在附图 1 中的开关电源的操作的时序图, 在该图中负载的电阻部件 R_{Load} 相当小。

如附图 4 所示, 在初级侧电容器 C11 和 C12 的电容即使不满足公式 (3) 的情况下, 即使在负载的电抗部件 L_{Load} 上的电压 $V_{L_{Load}}$ 上升, 因为 LCR 串联电路不满足振荡条件, 因此输出电压 V_{out} 也不会变为负。即, 可以防止输出电压 V_{out} 的下冲。

如上文所解释, 根据本实施例的开关电源, 因为通过接通操作开关 S12 终止开关电源的操作而不产生在常规的开关电源中出现的各种问题, 因此可以通过在接通状态下的操作开关 S11 启动和终止本实施例的开关电源的操作。因此, 本实施例的开关电源特别适合于操作开关 S11 设置在开关电源之外的情况。

此外, 在本实施例的开关电源中, 因为在正常操作的过程中停止了第一操作电压产生电路 90, 同时通过辅助电源电路 80 给 V_{cc} 线提供操作电压, 因此在正常操作的过程中在第一操作电压产生电路 90 中不会产生电损失。

此外, 因为本实施例的开关电源通过两个串连变换器电路、反向变换器电路 50 和半桥变换器电路 60 执行输入电压 V_{in} 的压降, 因此可以降低在每个变换器电路中产生的电损失, 因此可以总体地提高转换效率。

虽然附图 2 和 4 所示为通过接通操作开关 S12 终止本实施例的开关电源的操作的情况, 但是通过切断操作开关 S11 也可以终止它。还是在这种情况下, 与接通操作开关 S12 的情况类似, 可以终止开关电源的操作而不产生在常规的开关电源中出现的各种问题。

在本实施例的开关电源中，虽然包括在第二操作电压产生电路 100 中的晶体管 Tr13 的集电极电极和晶体管 Tr14 的漏极电极都连接到内部线 45，但是它们也可以连接到包括在辅助电源电路 80 中的二极管桥路 B 的高压侧输出节点，如附图 5 所示。在附图 5 中所示的开关电源可以执行与在附图 1 中的开关电源的操作几乎相同的操作。

接着，解释本发明的另一优选的实施例。

附图 6 所示为本发明的另一优选实施例的开关电源的电路图。

如在附图 6 中所示，除了增加附加的电路 140 以外，本实施例的开关电源具有与在附图 1 中所示的开关电源相同的结构。

附加电路 140 由串联连接在内部线 45 和 46 之间的附加电容器 Ca 和附加电阻器 Ra 构成，它用于防止 LCR 串联电路振荡。在本实施例中，在满足公式 (4) 时，LCR 串联电路振荡，由此产生下冲。

$$R_{Load}^2 < 4 \cdot \frac{L_{Load}}{C_{out} + \left(\frac{N1}{N2}\right)^2 \cdot (c11 + c12) + \left(2 \cdot \frac{N1}{N2}\right)^2 \cdot Ca} \quad \dots (4)$$

从公式 (4) 中可以看出，根据本实施例，LCR 串联电路仍然非常强地抑制了振荡，因为附加电容器 Ca 的电容加入到公式 (3) 中。因此，本实施例的开关电源适合于在仅仅通过利用初级侧电容器 C11 和 C12 的电容不能防止输出电压 Vout 的下冲的地方，即在满足公式 (3) 时。因为附加电容器 Ca 和附加电阻器 Ra 构成了时间恒定电路，在正常操作的过程中附加电路 140 并不影响开关电源的操作。

附加电路 140 可以加入到在附图 5 中所示的开关电源中。

因此参考具体的实施例已经示出并描述了本发明。然而，应该注意的是本发明并不限于所描述的详细结构，在不脱离所附加的权利要求的范围的前提下可以作出变型。

例如，在上述的实施例中，通过给齐纳二极管 Z12 设置低于齐纳二极管 Z11 的齐纳电压 V_{Z11} 的齐纳电压 V_{Z12} 可以实现所需的操作。然而，可以允许齐纳二极管 Z11 的齐纳电压 V_{Z11} 和齐纳二极管 Z12 的齐纳电压 V_{Z12} 具有相同的值或者齐纳二极管 Z11 的齐纳电压 V_{Z11} 低于齐纳二极管 Z12 的齐纳电压 V_{Z12} ，只要在操作开关 S11 处于接通状态同

时操作开关 S12 处于切断状态时,晶体管 Tr12 的基极电压高于晶体管 Tr13 的基极电压。

此外,在上述的实施例中,通过将反向变换器控制电路 71 的最小操作电压设置成高于半桥变换器控制电路 72 的最小操作电压可以实现所需的操作。然而,可以允许这些最小操作电压具有相同的值或者反向变换器控制电路 71 的最小操作电压低于半桥变换器控制电路 72 的最小操作电压,只要在例如通过在反向变换器控制电路 71 的 Vcc 输入端和 Vcc 线之间增加一个或串联的多个二极管启动第二操作电压产生电路 100 时,在半桥变换器控制电路 72 保持在有效状态的同时,停止反向变换器控制电路 71。

此外,在上述的实施例中,变压器 T2 的初级侧电路由串联连接的反向变换器电路 50 和半桥变换器电路 60 构成;然而,变压器 T2 的初级侧电路并不限于这种结构,也可以串联使用其它的变换器电路作为变压器 T2 的初级侧电路。例如,可以使用升压变换器电路等类似的电路替代反向变换器电路 50,以及使用正向变换器电路、全桥变换器电路、推挽变换器电路等替代半桥变换器电路 60。

此外,在上述的实施例中,整流器 110 是自驱动型的。然而,因为不管整流器是否是自驱动型的,在操作终止的过程中输出电压 Vout 下冲的问题都会出现,因此也可以使用通过驱动电路控制的同步型整流器或使用二极管的普通型整流器替代自驱动型的整流器 110。

此外,在上述的实施例中,虽然反向变换器控制电路 71 和半桥变换器控制电路 72 都属于变压器 T2 的初级侧,但是它们也可以属于变压器 T2 的次级侧。

如上文所述,根据本发明的开关电源,可以以如下的方式终止开关电源的操作:输出电压 Vout 基本线性地降低而不会有波动或下冲。因此可以有效地避免负载的故障。此外,根据本发明的开关电源,在发送了停止开关电源的操作的指令时防止在初级侧上的开关电路中的内部电压 Vp 逐渐增加。因此可以有效地保护在初级侧上使用的电部件不受损坏。此外,因为不需要使用耐高压的部件,因此降低了开关

电源的成本。此外，因为在发送指令时较大的电流不流经输出电抗器 L_{out} ，因此可以提高开关电源的可靠性。

因此，本发明的开关电源适合于作为给具有较大电容部件 C_{Load} 的负载提供电功率的开关电源。此外，本发明的开关电源特别适合于作为给易于经常呈轻负载状态的负载提供电功率的开关电源。此外，本发明的开关电源还适合于给要求较低的电压和较大的电流的负载（比如服务器计算机）提供电功率的开关电源。即，根据本发明，即使在较重的负载状态或较轻的负载状态下发送了停止开关电源的操作的指令，该开关电源也能够基本线性地降低它的输出电压。

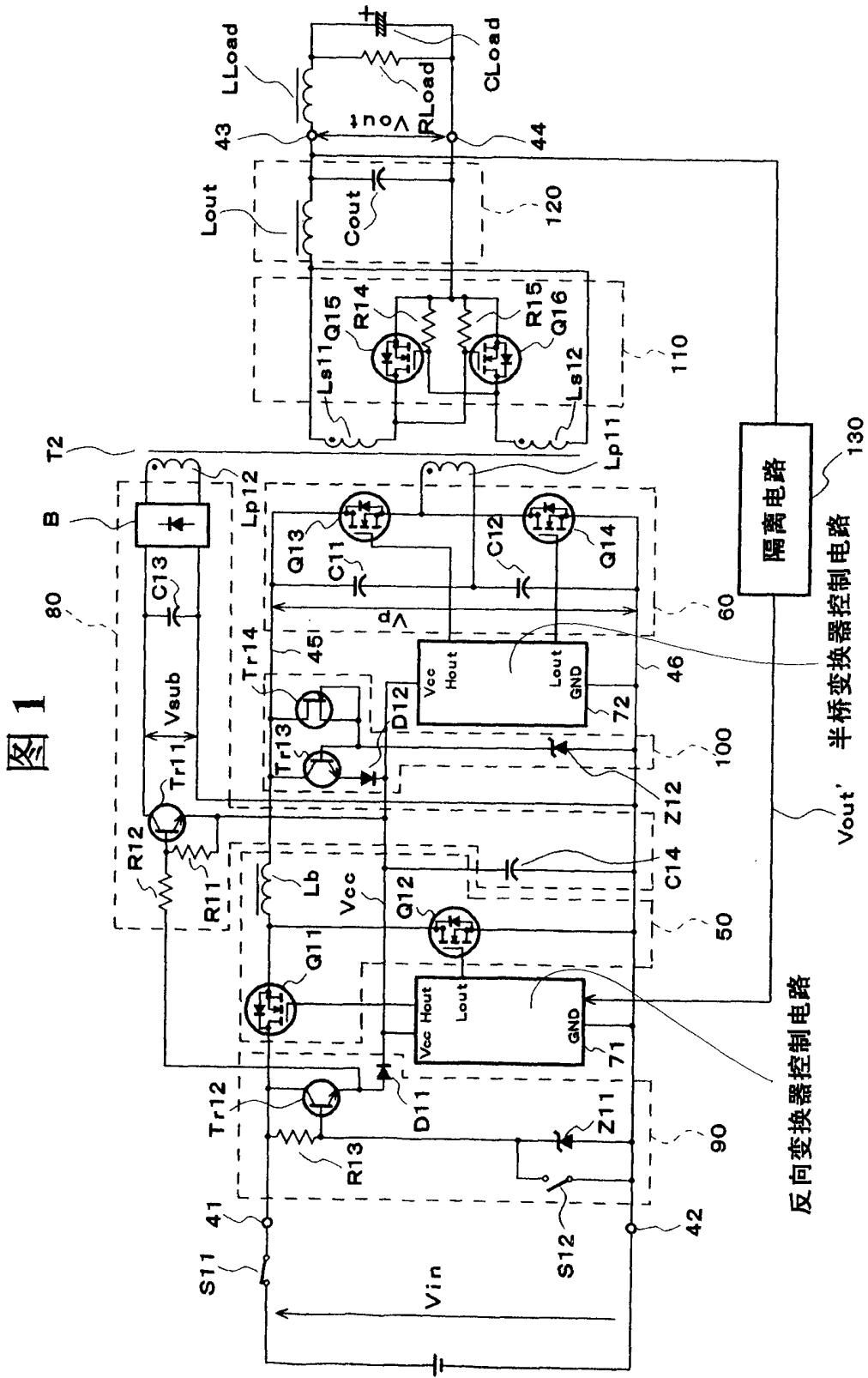


图 2

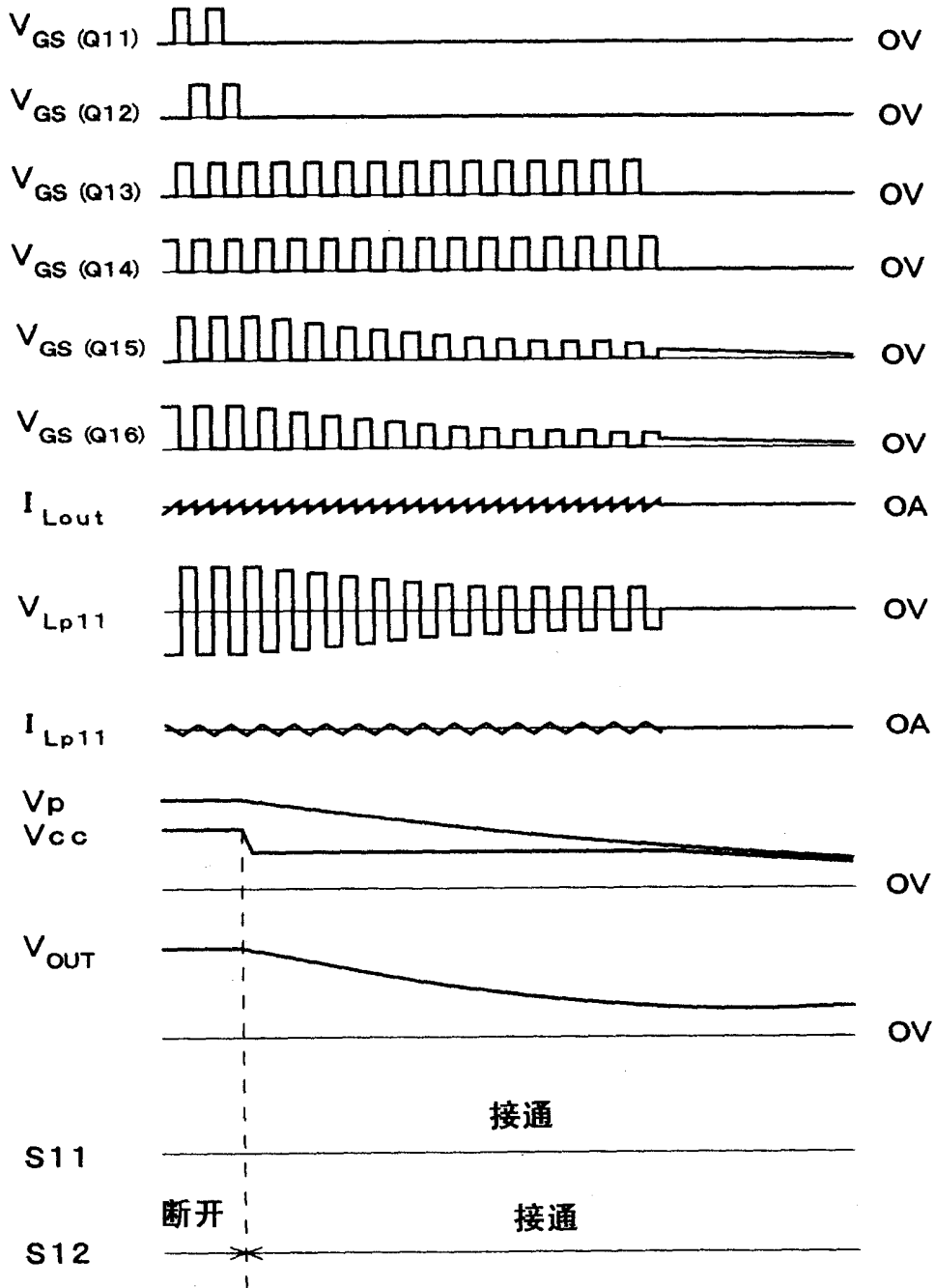


图 3

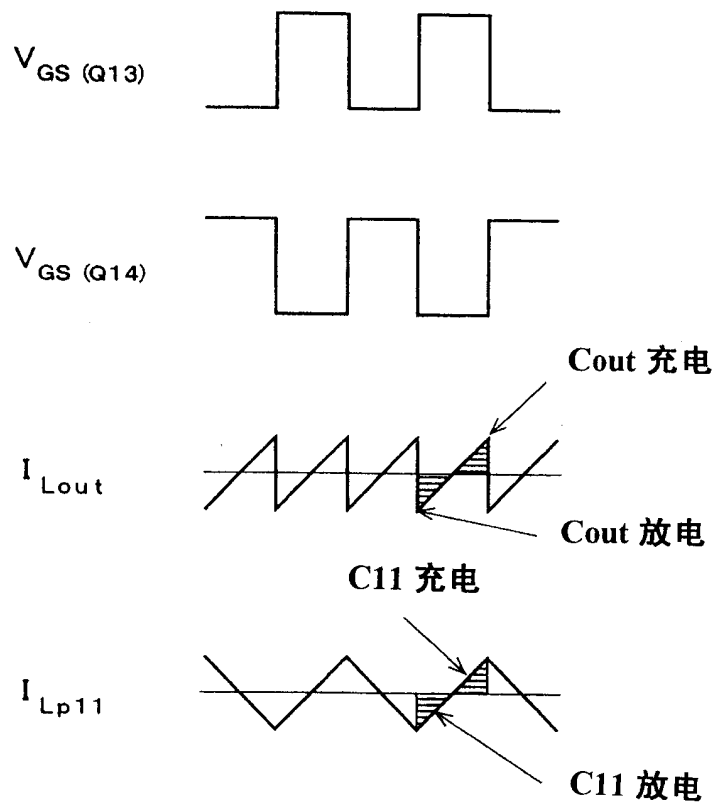
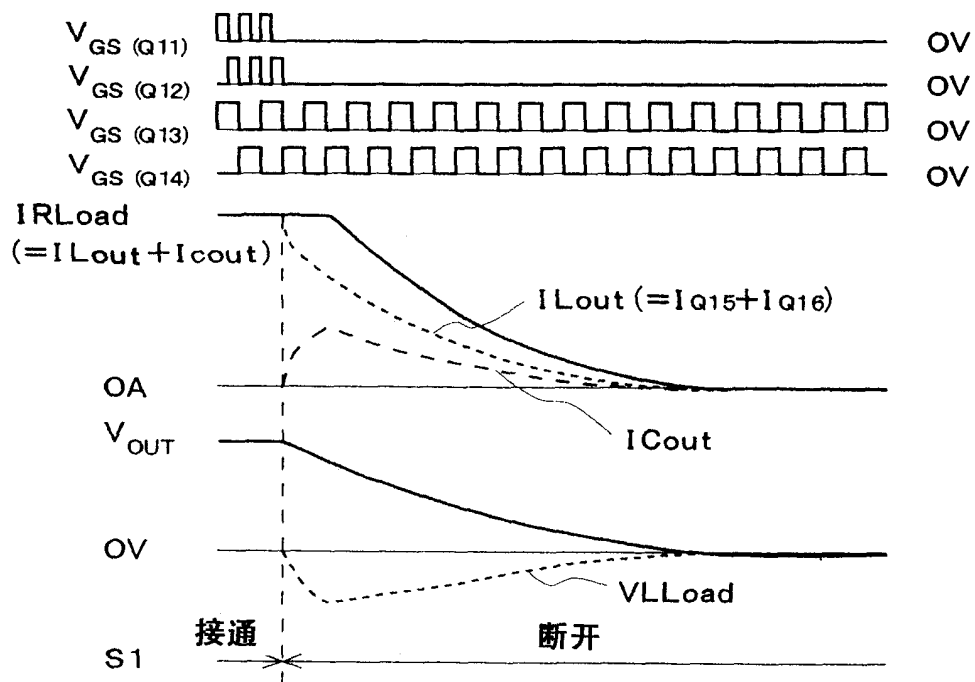


图 4



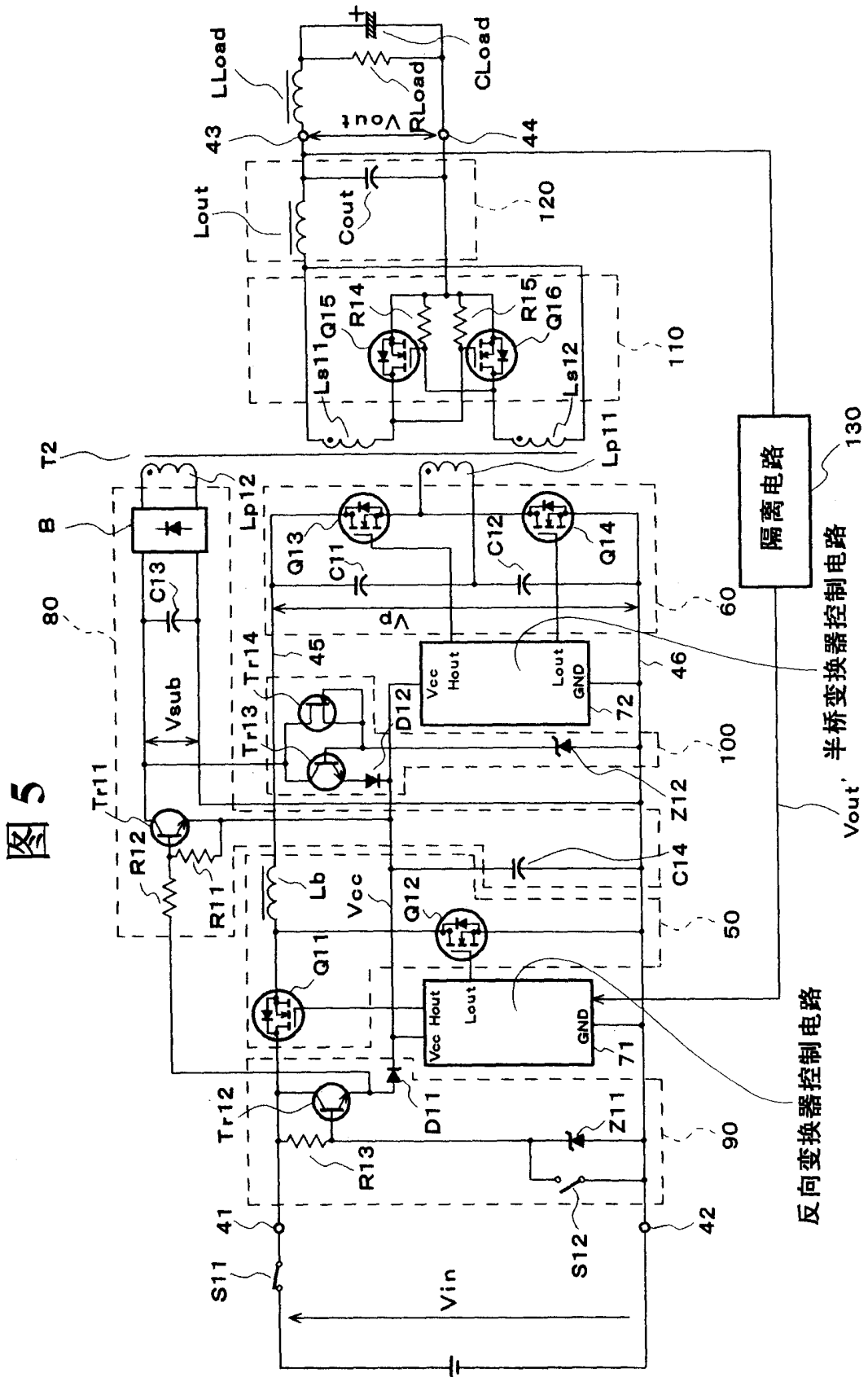


图 5

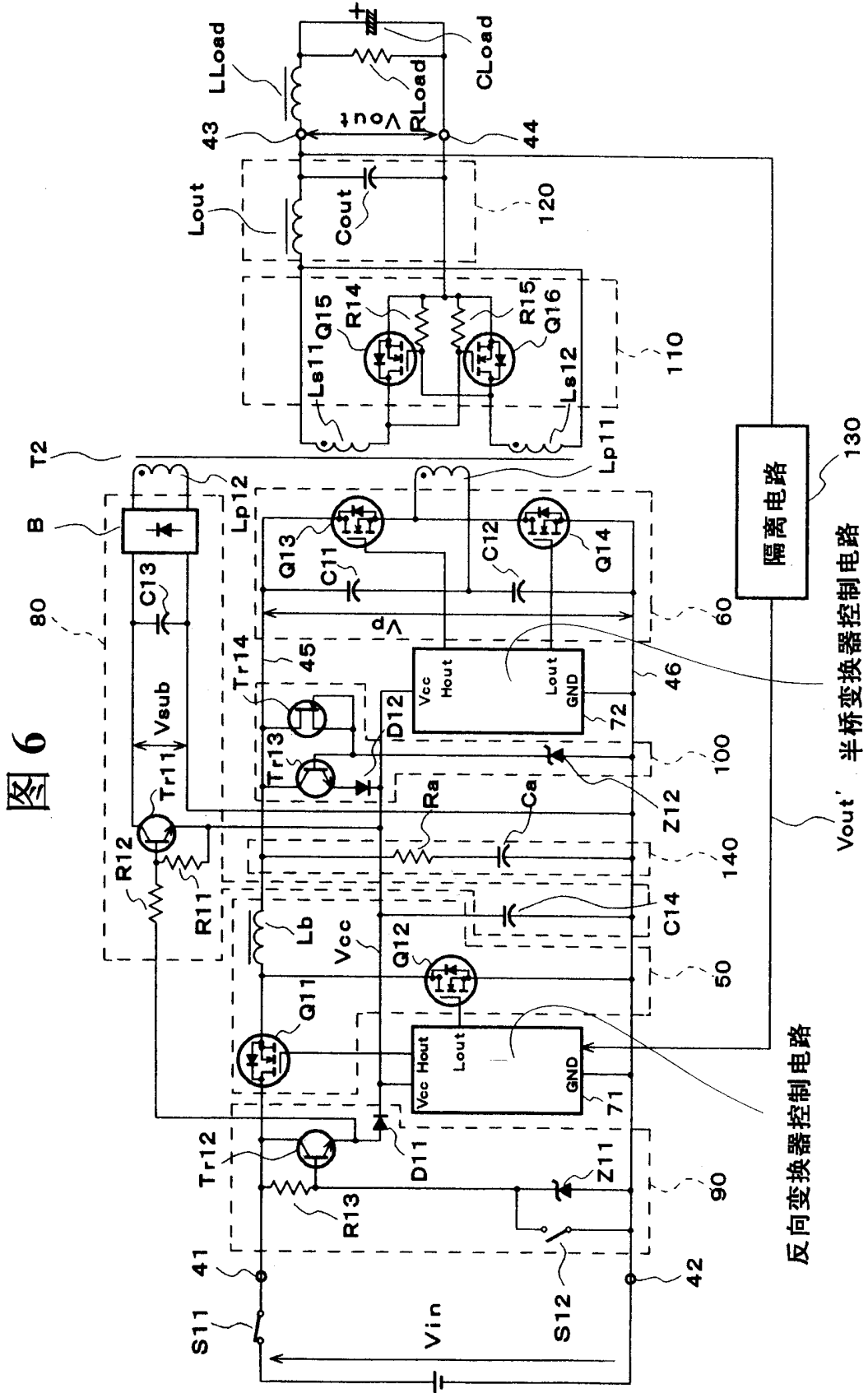


图 7
已有技术

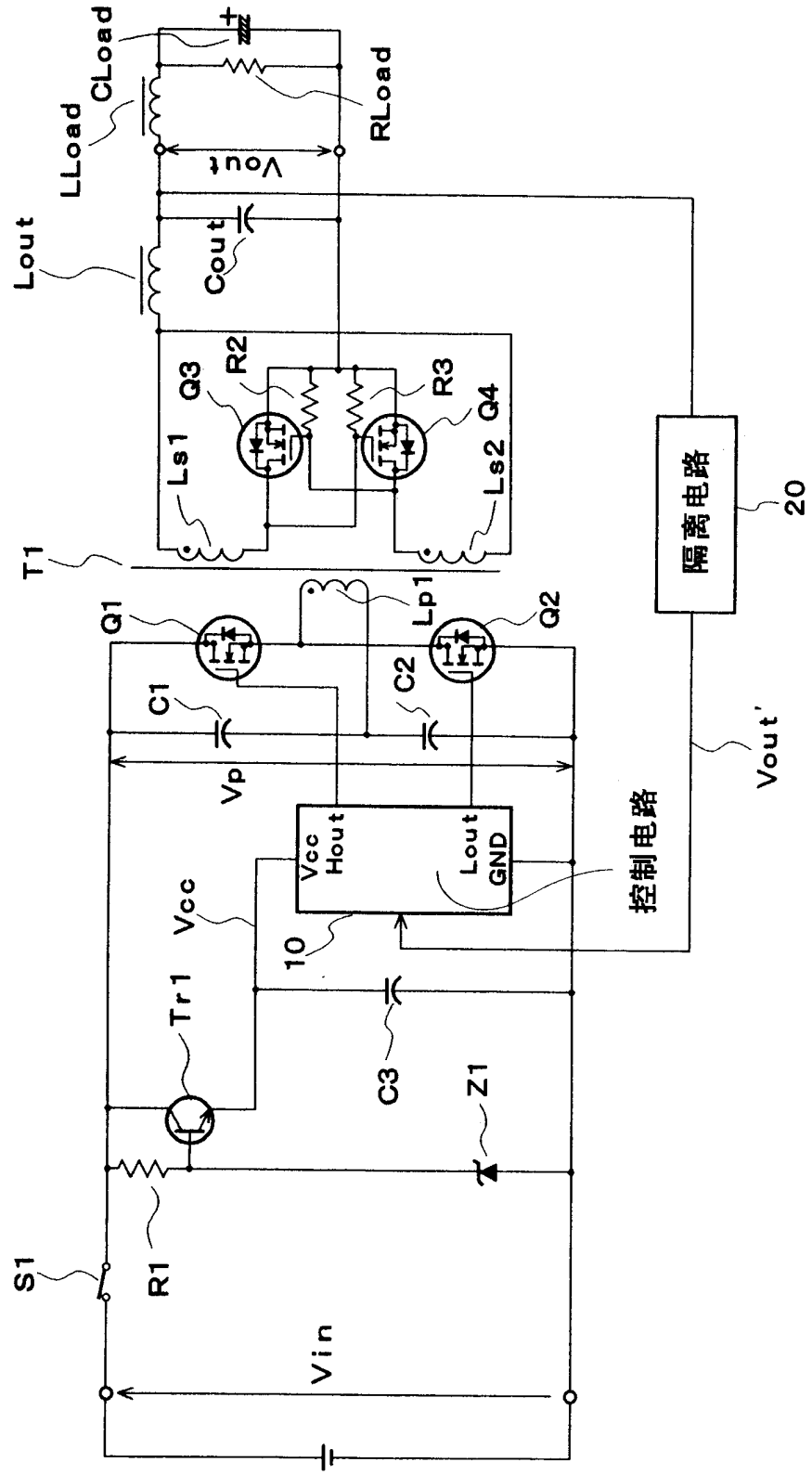


图 8
已有技术

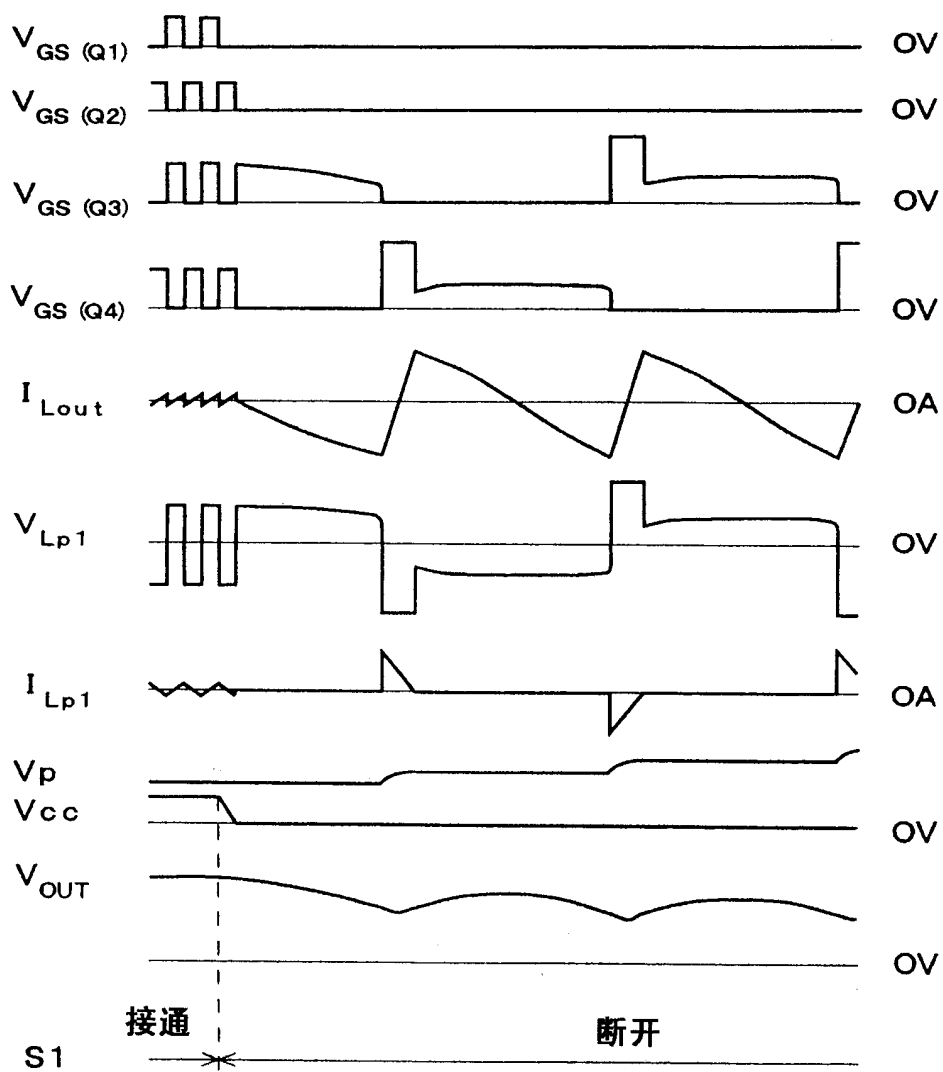


图 9
已有技术

