



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110011552 B

(45) 授权公告日 2023. 10. 03

(21) 申请号 201810013152.3

(56) 对比文件

(22) 申请日 2018.01.05

CN 105529799 A, 2016.04.27

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 106533179 A, 2017.03.22

申请公布号 CN 110011552 A

CN 103715901 A, 2014.04.09

US 2014268919 A1, 2014.09.18

(43) 申请公布日 2019.07.12

审查员 黄珊

(73) 专利权人 上海芯熠微电子有限公司

地址 201104 上海市闵行区集心路168号1  
号楼401室

(72) 发明人 方邵华 宿清华 朱亚江

(74) 专利代理机构 北京方圆嘉禾知识产权代理  
有限公司 11385

专利代理师 陈胜

(51) Int. Cl.

H02M 7/219 (2006.01)

H02M 3/335 (2006.01)

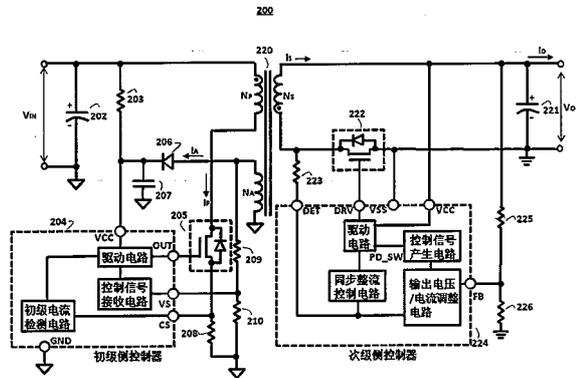
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

开关电源控制方法与电路

(57) 摘要

本发明申请公开了一种开关电源控制方法与电路。所述开关电源包括输入电容器、变压器、第一功率开关、第一控制器；输出电容器、第二功率开关、第二控制器；所述第二控制器在输入电容器能量向输出电容器传递过程中控制第二功率开关进行同步整流；所述第二控制器检测负载电压与电流，产生第一控制信号控制第一功率开关的工作状态，使负载电压与电流符合预期值；所述第二控制器控制第二功率开关产生一个导通/关断动作，将输出电容器的部分能量传递到输入电容器；第一控制器检测到有能量从输出电容器传递到输入电容器时，控制第一功率开关改变工作状态；基于本发明的开关电源无需光耦或者特殊封装框架传递第一控制信号，成本低，效率高。



1. 一种开关电源,其特征在于,包括:

第一端口,耦合至输入电压;

第一电容器,耦合至第一端口;

变压器,具有第一绕组和第二绕组,所述第一绕组耦合至第一电容器;

第一功率开关,耦合至变压器第一绕组,具有导通和截止两种工作状态;

第一控制器,耦合至第一功率开关和变压器;

第二端口,耦合至开关电源负载,向负载提供电压和电流;

第二电容器,耦合至第二端口和变压器第二绕组;

第二功率开关,耦合至变压器第二绕组,具有导通和截止两种工作状态;

第二控制器,耦合至第二功率开关、第二端口和变压器第二绕组;

所述第二控制器检测负载电压,产生第一控制信号控制第一功率开关的工作状态,使负载电压符合预设值;所述第一控制信号由第二控制器传递至第一控制器的方法为:第二控制器控制第二功率开关的导通与关断,将第二电容器部分能量向第一电容器传递;所述第一控制器检测到第一电容器得到第二电容器传递的能量后,控制第一功率开关改变状态;

所述第二控制器包括恒流控制电路,耦合至变压器第二绕组和开关电源第二端口;所述恒流控制电路限制流过负载的电流,当所述负载电流大于预设值时,禁止产生第一控制信号;

所述第二控制器包括恒压控制电路和恒流控制电路,恒压控制电路根据负载电压的误差产生恒压使能信号,恒流控制电路根据负载电流的大小产生恒流使能信号;当负载电流低于预设值时,恒流使能信号有效;当恒压使能信号和恒流使能信号都有效时产生第一控制信号,所述第一控制信号通过第二功率开关和变压器传送至第一控制器;

当第二控制器产生的第一控制信号由高变低后,第二电容器的一小部分能量被传递到第一电容器,第一功率开关的寄生体二极管导通,第一控制器检测到能量从第二电容器向第一电容器传递后驱动第一功率开关由截止状态切换至导通状态;采用将第二电容器的小部分能量通过第二功率开关和变压器向第一电容器传递的方式实现第二控制器对第一功率开关工作状态的控制,实现第一功率开关在功率端口电压为0V时进入导通状态,即第一功率开关电压过零开通。

2. 如权利要求1所述的开关电源,其特征在于,所述第一端口通过整流电路耦合至交流电源,构成交流-直流转换器。

3. 如权利要求1所述的开关电源,其特征在于,所述第二控制器包括同步整流电路,当能量从第一电容器向第二电容器传递时,控制第二功率开关实现同步整流。

4. 如权利要求1所述的开关电源,其特征在于,所述变压器包括第三绕组,耦合至第一控制器;所述第三绕组极性与第一绕组极性相同或者相反;所述第一控制器通过第三绕组接收第二控制器产生的第一控制信号。

5. 如权利要求4所述的开关电源,其特征在于,所述开关电源包括第三电容器,耦合至第一控制器和变压器第三绕组;所述第三绕组与第一绕组极性相同,所述第三绕组为第三电容器供电,供电电压与第一端口电压成比例,与第二端口电压无关。

6. 如权利要求1所述的开关电源,其特征在于,第一控制器包括控制信号接收电路,耦

合至变压器;所述控制信号接收电路检测到能量从第二电容器传递至第一电容器时,第一控制器将第一功率开关从截止状态切换为导通状态。

7.如权利要求1所述的开关电源,其特征在于,第一控制器包括电流检测电路,耦合至第一功率开关;当流过第一功率开关的电流达到第一峰值电流时,第一控制器将第一功率开关从导通状态切换为截止状态。

8.如权利要求1所述的开关电源,其特征在于,所述开关电源包括第三控制器,耦合至第二控制器和第二端口;所述第三控制器根据所述负载要求改变第二端口电压,实现快速充电。

## 开关电源控制方法与电路

### 技术领域

[0001] 本发明涉及开关电源技术,特别地,本发明涉及一种开关电源控制方法以及相应的控制电路。

### 背景技术

[0002] 开关电源具有尺寸小、转换效率高等优点,其应用领域不断扩大,包括充电器、适配器等。近年来,世界上主要国家对于开关电源的转换效率提出了越来越高的要求,为满足欧盟能效最新等级要求(第二阶段)和美国能源部VI级能效要求,开关电源普遍采用同步整流技术提升效率。为满足手机快速充电的要求,对于充电器输出电压的精度要求越来越高,同时要求充电器输出电压可以根据负载需要进行调整。满足USB PD 3.0规范的充电器,其输出电压变化范围为3V~21V,电压最小间隔为20mV。

[0003] 图1A所示是传统的初级侧(或称原边)调节开关电源充电器系统100A示意图。该开关电源充电器包括交流输入端口(交流电压范围一般为85V<sub>AC</sub>至265V<sub>AC</sub>)、整流桥101(将交流电压V<sub>AC</sub>转换为直流电压V<sub>IN</sub>)、输入电容102、变压器120、第一控制器104、第一功率开关105、次级侧(或称副边)同步整流功率开关122、输出电容121、同步整流控制器124、输出电容121、输出端口(V<sub>O</sub>)等。图1A所示开关电源的输出电压由位于初级侧的控制器104控制,次级侧控制器124仅用于同步整流控制,无需光耦,成本较低。但输出电压精度受初级侧采样输出电压的误差限制,一般仅能满足+/-5%的量产精度。

[0004] 图1B所示开关电源是一种无需光耦的充电器。该开关电源100B的初级侧控制器和次级侧同步整流控制器被放入同一个封装之中,次级侧控制器通过封装框架的寄生电感向初级侧控制器传递控制信号控制初级侧功率开关的工作状态。开关电源100B的输出电压经由分压电阻125和126为次级侧控制器接收,输出电压由次级侧控制器调节,因此可以保证更高的电压精度,达到+/-2.5%的量产水平。开关电源100B中虽然不需要光耦,但104需要特殊的封装,因而系统成本较高。

[0005] 综上所述,为满足开关电源较高的输出电压精度、较低的系统成本的要求,迫切需要开发一种没有光耦、由次级侧控制输出电压及电流的开关电源控制方法和电路。这正是本发明的目标。

[0006] 本发明的目的在于克服现有技术的缺点,提出一种新的次级侧调节开关电源电压/电流控制方法和电路,降低现有技术初级侧功率开关的损耗,适应快速充电的需求。

[0007] 根据本发明的实施例,提出了一种开关电源,包括:输入端口,耦合至交流电压或直流电压;输入电容器,耦合至输入端口(输入电压为交流电时,输入电容通过整流桥耦合至交流电压);变压器,具有初级(第一)绕组和次级(第二)绕组,初级绕组耦合至输入电容;初级(第一)功率开关,耦合至变压器初级绕组,具有导通和截止两种工作状态;第一(初级侧)控制器,耦合至初级功率开关和变压器,控制初级功率开关的工作状态;输出端口,耦合至开关电源负载,向负载提供电压和电流;输出电容器,耦合至输出端口和变压器次级绕组;第二(次级侧)功率开关,耦合至变压器次级绕组,具有导通和截止两种工作状态;第二

(次级侧)控制器,耦合至第二功率开关、输出端口和变压器次级绕组。第二控制器在能量从输入电容向输出电容传递时控制第二功率开关进行同步整流;第二控制器还检测负载电压以及电流,根据负载电压或电流信号的误差产生第一控制信号;第二控制器通过将输出电容能量向输入电容传递的方式将第一控制信号传递到第一控制器;第一控制器根据得到的第一控制信号改变第一功率开关的工作状态,使负载电压或电流符合预设值;

### 附图说明

- [0008] 图1A、图1B为现有的开关电源原理图;
- [0009] 图2为基于本发明的开关电源原理图;
- [0010] 图3为基于本发明的交流-直流转换器原理图;
- [0011] 图4为基于本发明图2至图3所示的开关电源控制器关键节点波形示意图;

### 具体实施方式

[0012] 以下详细描述本发明的具体实施。实施例的示例在附图中给出。应当注意,这里描述的实例只是用来举例说明,并不用于限制本发明。为了便于透彻理解本发明,阐述了实施的细节。然而,对于本领域一般技术人员显而易见的是,不必采用这些细节也可以实施本发明。在实施例的描述中,为了避免混淆本发明,对本领域众所周知的电路,例如次级侧控制器中典型的同步整流模块、恒压、恒流模块和驱动模块未作具体描述。

[0013] 在整个说明书中,对“一个实施例”、“实施例”的提及意味着,结合该实施例描述的特定特征、结构或者特性被包含在本发明至少一个实施例中。因此,在整个说明书的各个地方出现的短语“在一个实施例中”、“在实施例中”不一定都指同一个实施例。此外,可以用任何适当的组合和(或)子组合将特定的特征、结构或者特性组合在一个或者多个实施例中。因此,本领域的一般技术人员应当理解,在此提供的附图都是为了说明目的,并且附图不一定是按照比例绘制的。应当指出,当称元件“耦合到”另一元件时,它可以直接耦合到另一元件,也可以存在中间元件。相反,当称元件“直接耦合到”另一元件时,不存在中间元件。相同或类似的附图标记表示相同或类似的元件或具有相同或类似操作的元件。

[0014] 图2是基于本发明的次级侧调节开关电源200示意图。与图1A、图1B所示的现有开关电源100A、100B不同之处在于,开关电源200的输出电压/电流以及同步整流均由次级侧控制器224实现,无需光耦,也无需特殊封装形式。

[0015] 图2所示的本发明次级侧调节开关电源200中,输入电压 $V_{in}$ 为直流电压,开关电源200为直流-直流转换器;输入电压 $V_{in}$ 也可以由交流电整流得到,如图3所示,开关电源300为交流-直流转换器。

[0016] 以下结合图2、图3对本发明的实施例和优点进行详细说明。

[0017] 本发明可以应用于需要进行输入输出电气隔离的直流-直流转换器电源中。如图2所示,开关电源200包括变压器220,由初级绕组、次级绕组和辅助(第三)绕组构成。辅助绕组与初级绕组可以是正激关系(相位相同),辅助绕组与初级侧绕组也可以是反激关系(相位相反)。在直流-直流转换应用,例如以太网供电POE方案48V转12V应用中,可以省略辅助绕组,将控制器204的控制信号接收端VS通过分压电阻耦合至初级绕组。

[0018] 图2所示的开关电源200还包括输入端口( $V_{IN}$ )、输入(第一)电容202、初级侧(第一)

控制器204、第一功率开关205、第二功率开关222、次级侧(第二)控制器224、输出(第二)电容221、输出端口( $V_o$ )、输出电压分压电阻225和226、次级绕组波形检测电阻223、初级侧控制器储能电容207、初级侧电流检测电阻208、辅助绕组分压电阻209和210、辅助绕组整流二极管206、启动电阻203。为限制储能电容207的充电电流,可以选择在整流二极管206的阳极(或阴极)串联一个限流电阻(图2没有画出)。

[0019] 与图1A和图1B所示的现有开关电源技术不同,基于本发明的开关电源200(图2)的次级功率开关222不仅用作次级同步整流功率器件,而且用作将次级控制器224产生的控制初级功率开关205工作状态的控制信号传递至初级控制器204。第二控制器224检测负载电压,根据负载电压的误差产生改变第一功率开关205工作状态的第一控制信号PD\_SW,并将第一控制信号PD\_SW传递至第一控制器204;第二控制器224通过第二功率开关222的导通与关断将第二电容器221的能量向第一电容器202传递,以此方式将第一控制信号PD\_SW传递到第一控制器204;第一控制器204检测到第一电容器202得到第二电容器221传递的能量后,控制第一功率开关205改变工作状态,以控制负载电压符合预设值;

[0020] 次级控制器224包括同步整流控制电路,输出电压调节电路,也可以包括输出电流调节电路。初级控制器204包括原边电流检测电路,控制信号接收电路和初级功率开关205的驱动电路。开关电源200控制环路的一种具体的实施方式如下:当次级绕组为输出电容221的充电过程结束后,次级功率开关222处于截止状态,初级功率开关205也处于截止状态。当开关电源200工作在恒压模式时,次级控制器224根据检测到的输出电压的误差产生初级功率开关205下一次开通时刻控制信号PD\_SW。为将该控制信号由次级控制器224传递至初级控制器204,次级控制器224使第二功率开关222开通一个短暂的时间段把输出电容221的部分能量传递至输入电容202。初级控制器204的控制信号接收电路检测到有能量从输出电容221传递至输入电容202时,即识别出这是第二控制器224发送的需要将初级功率开关205开通的第一控制信号PD\_SW。初级控制器204随即将初级功率开关205切换为导通状态,当初级侧电流达到第一峰值电流 $I_{pp}$ 时,204中的电流检测电路将第一功率开关205切换为截止状态,实现一个周期的恒压闭环控制。

[0021] 基于本发明的开关电源还可以由次级控制器224实现恒流控制。具体实现方式见图3。

[0022] 图3是基于本发明的交流-直流转换器电源方案。输入端口 $V_{IN}$ 通过整流桥201耦合至交流电压 $V_{AC}$ ,开关电源300工作于断续导通模式(DCM),初级侧控制器204包括开通信号接收电路302,通过分压电阻209和210耦合至辅助绕组(第三绕组),负责接收来自次级控制器224的将功率开关205从截止状态切换为导通状态的第一控制信号PD\_SW。控制器204还包括初级侧峰值电流比较器303,其第一比较端耦合至初级侧电流检测电阻208,第二比较端耦合至参考电压 $V_{REF1}$ 。当第一控制器204中的原边开通信号接收模块302检测到次级侧控制器224产生的需要原边功率开关205开通的第一控制信号PD\_SW后,模块302输出一个正脉冲信号POW\_ON将RS触发器301的输出OUT置1,功率开关205进入导通状态,原边绕组电流 $I_p$ 从0开始线性增加,当 $I_p$ 电流增大至 $I_{pp} = V_{REF1} / R_{208}$ 时,比较器303输出一个正脉冲信号POW\_OFF将RS触发器301的输出OUT清0,功率开关205进入截止状态。

[0023] 图3所示的第二控制器224包括同步整流控制模块404,恒流控制模块401,恒压控制模块402,与门403,或门405。第二控制器224通过端口DET和电阻223检测变压器次级绕组

对输出电容221的充电时间 $T_{ONS}$ ，用于同步整流控制和恒流/恒压控制。如前段所述，流过初级功率开关205的电流达到 $I_{PP}$ 时第一控制器204将初级功率开关205由导通状态切换为截止状态。输出平均电流

$$[0024] \quad I_0 = (1/2) * I_{PP} * (N_p/N_s) * T_{ONS}/T_{SW}$$

[0025] 其中 $I_{PP} = V_{REF1}/R_{208}$ 为固定值， $T_{SW}$ 为开关周期， $T_{SW} = T_{ONS} + T_{DIS} + T_{ONP}$ ， $T_{DIS}$ 断续工作时间，即从 $T_{ONS}$ 结束到下一次第一功率开关205开通的时间段， $T_{ONP}$ 为第一功率开关导通时间； $N_p$ 为变压器初级绕组匝数， $N_s$ 为变压器次级绕组匝数。恒流功能实现方式如下：第二控制器224控制每一个开关周期的断续工作时间 $T_{DIS}$ ，使 $T_{ONS}/T_{SW}$ 的值不超过一个固定的上限（例如0.5）。当一个周期的 $T_{DIS}$ 长度不足以使 $T_{ONS}/T_{SW}$ 小于所述固定上限（例如0.5）时，恒流控制模块的输出信号（恒流使能） $CC\_EN = 0$ ，即使恒压控制模块的输出信号（恒压使能） $CV\_EN = 1$ ，第一控制信号 $PD\_SW$ 仍然为0。此时 $T_{DIS}$ 会延长，直到 $T_{ONS}/T_{SW}$ 小于所设固定的上限（例如0.5）后 $CC\_EN = 1$ ，与门403的输出 $PD\_SW = 1$ ，第一控制信号 $PD\_SW$ 从第二控制器传递至第一控制器，从而实现了开关电源300的恒流工作。

[0026] 图3所示的本发明实施例中还包括第三控制器227，根据负载的需要改变分压电阻225和226的比值，从而使开关电源300根据负载的需要输出不同的电压，实现快速充电。

[0027] 在输出电压随负载需要而改变的图3实施例中，可以选择第三绕组的极性与第一绕组同相（正激供电），使得第一控制器的供电电压与输入电压 $V_{IN}$ 成正比，与输出电压无关。这种供电方式可以克服传统的第三绕组的极性与第一绕组反相（反激供电）接法的缺点：当输出电压大幅度变化时，第一控制器的供电电压也发生大幅度变化。

[0028] 图4是本发明实施例图2和图3的关键节点波形图。 $I_{SP}$ 为次级绕组电流； $DET$ 为第二功率开关222的漏极电压波形； $T_{ONS}$ 为次级绕组向输出电容221的充电时间； $CV\_EN$ （高有效）为图3恒压控制模块402输出的为稳定输出电压需要初级功率开关205导通的使能信号； $CC\_EN$ （高有效）为图3恒流控制模块401限制输出电流的使能信号； $PD\_SW$ 为第二控制器产生的使初级侧第一功率开关205导通的控制信号，通过第二功率开关的短暂导通将输出电容221上的能量传递一小部分到输入电容202的方式将该第一控制信号 $PD\_SW$ 传递至初级侧第一控制器204； $DRV$ 为第二控制器224对第二功率开关222的驱动信号，包括同步整流驱动（与 $T_{ONS}$ 重合）和控制初级功率开关205的第一控制信号 $PD\_SW$ ； $I_{PP}$ 为初级峰值电流； $VS$ 为辅助（第三）绕组（极性与初级绕组反相）波形，用于接收来自第二控制器224发送的控制初级功率开关205导通的第一控制信号 $PD\_SW$ ； $OUT$ 为第一控制器204驱动第一功率开关205的信号。当第二控制器224产生的第一控制信号 $PD\_SW$ 由高变低后，输出电容221的一小部分能量被传递到初级输入电容202，第一功率开关205的寄生体二极管导通，第一控制器204检测到能量从输出电容221向输入电容202传递后驱动第一功率开关205由截止状态切换至导通状态；采用本发明的方法---将输出电容221的一小部分能量通过第二功率开关222和变压器向输入电容202传递的方式实现第二控制器224对第一功率开关205工作状态的控制，可以实现第一功率开关205在功率端口电压基本为0V时进入导通状态，即第一功率开关205电压过零开通，降低了开关损耗，提升了转换效率。

[0029] 虽然已经根据上述典型实施例描述了本发明，但是应该理解，所用的术语是说明和示例性的，而不是限制性的术语。由于本发明能够以多种形式具体实施而不脱离本发明的精神或实质，所以应当理解，上述实施例并不限于任何前面所述的具体细节，而应当在权

利要求所限定的精神和范围内广泛地理解。因此,落入权利要求或其等效范围内的全部变化和改型都为权利要求所涵盖。

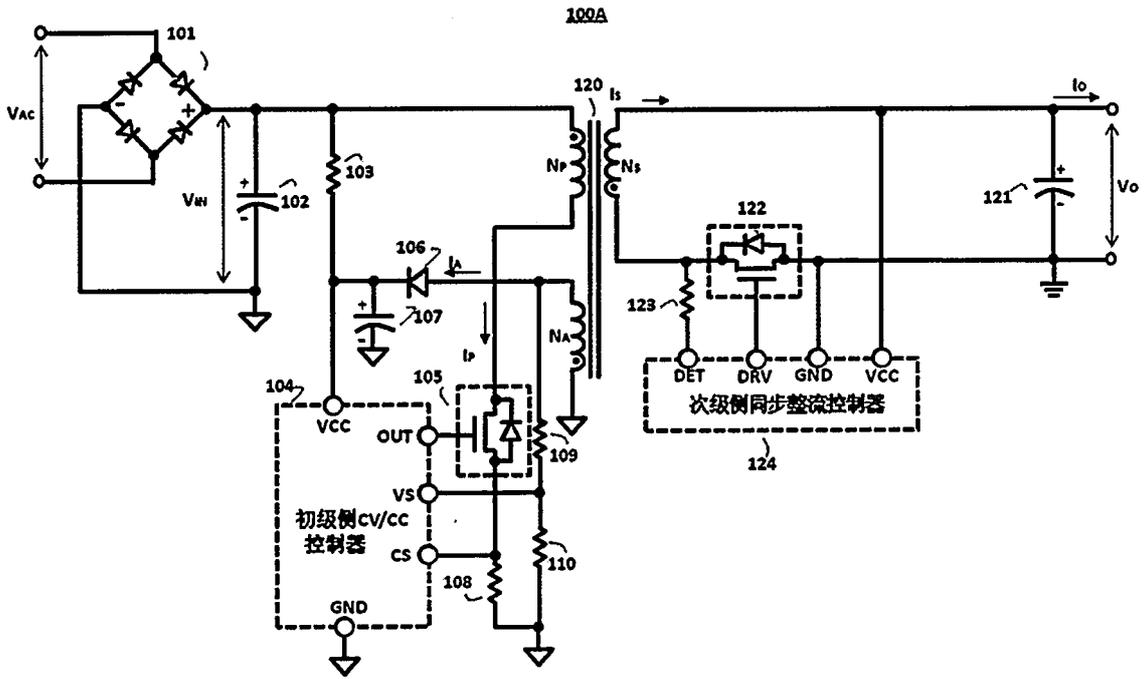


图1A

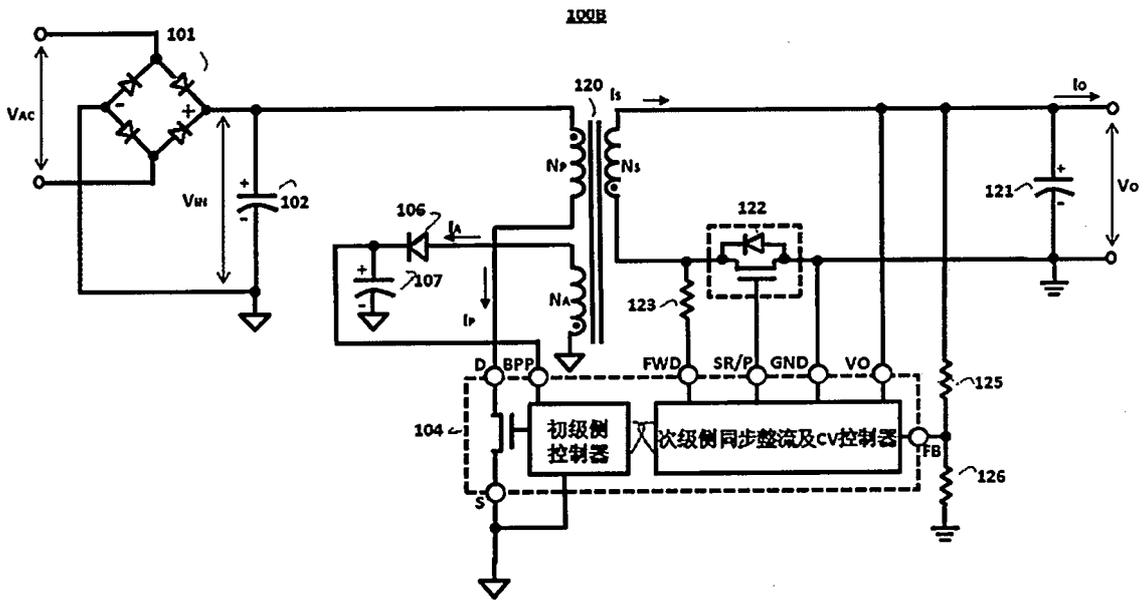


图1B

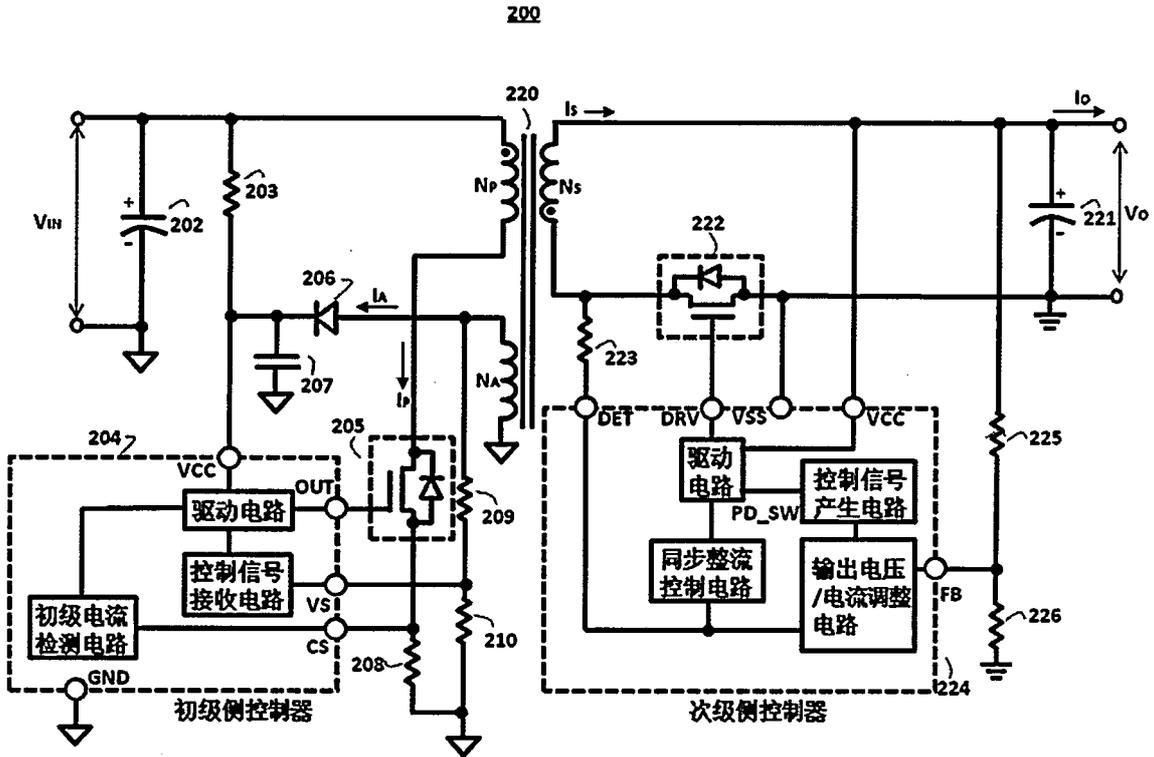


图2

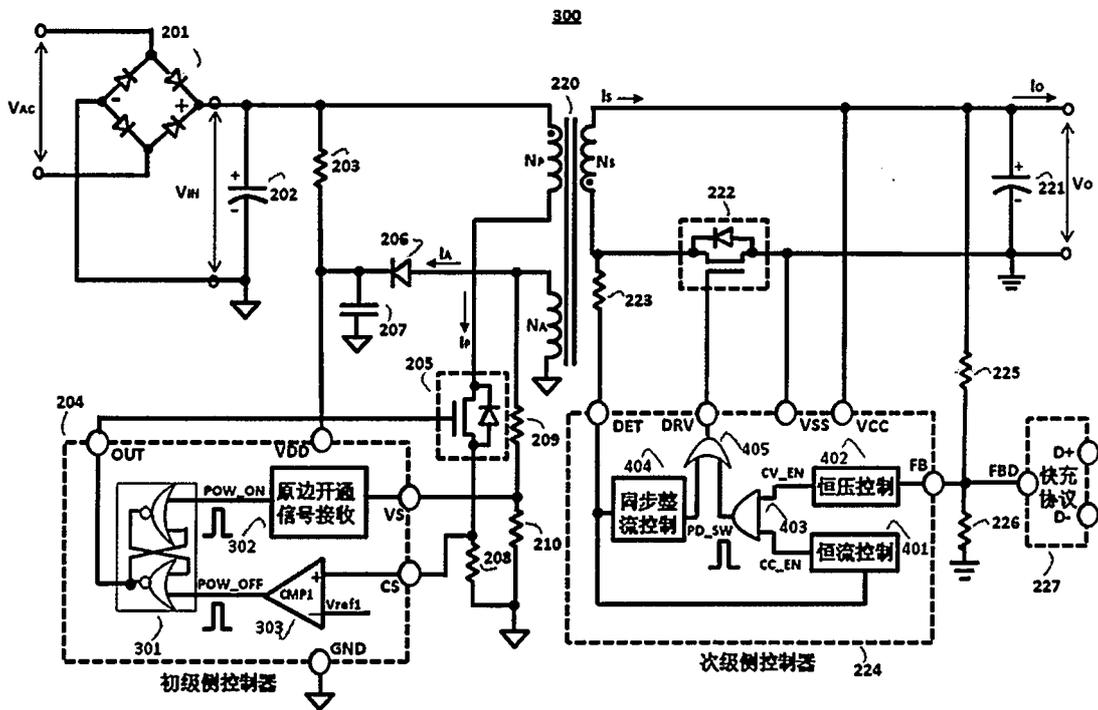


图3

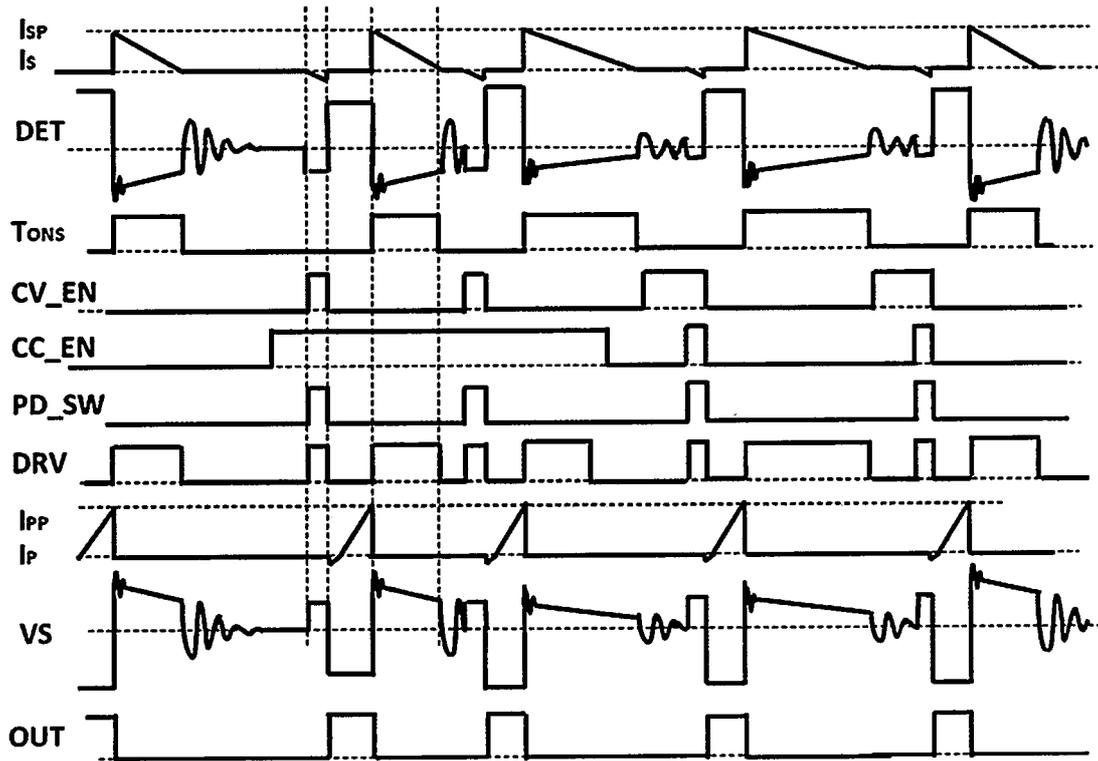


图4