

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2017 年 11 月 16 日 (16.11.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/193474 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02J 7/00 (2006.01) **H02M 3/335** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/090474
- (22) 国际申请日: 2016 年 7 月 19 日 (19.07.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201610318868.5 2016年5月13日 (13.05.2016) CN
- (71) 申请人: 中兴通讯股份有限公司 (ZTE CORPORATION) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦, Guangdong 518057 (CN)。
- (72) 发明人: 潘加龙 (PAN, Jialong); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦中兴通讯股份有限公司转交, Guangdong 518057 (CN)。 郑鲁杰 (ZHENG, Lujie); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦中兴通讯股份有限公司转交, Guangdong

518057 (CN)。 陈庆威 (CHEN, Qingwei); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦中兴通讯股份有限公司转交, Guangdong 518057 (CN)。 毛玉鸿 (MAO, Yuhong); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦中兴通讯股份有限公司转交, Guangdong 518057 (CN)。

(74) 代理人: 北京安信方达知识产权代理有限公司 (AFD CHINA INTELLECTUAL PROPERTY LAW OFFICE); 中国北京市海淀区学清路 8 号 B 座 1601A, Beijing 100192 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,

(54) Title: LOOP COMPENSATION CIRCUIT, SWITCHING POWER CIRCUIT, AND SWITCHING POWER CHARGER

(54) 发明名称: 一种环路补偿电路、开关电源电路及开关电源充电器

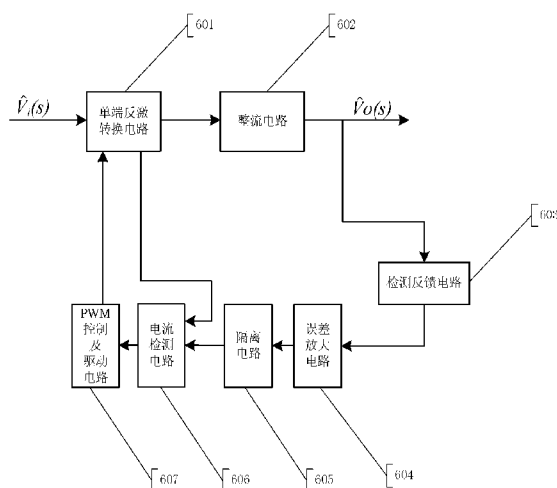


图 6

- 601 Single-ended flyback conversion circuit
602 Rectification circuit
603 Detection feedback circuit
604 Error amplifier circuit
605 Isolating circuit
606 Current detection circuit
607 PWM control and drive circuit

(57) Abstract: Provided are a loop compensation circuit, a switching power circuit, and a switching power charger. The loop compensation circuit comprises: a main power circuit (501); and a feedback control circuit (502) having an outer voltage feedback loop and an inner current feedback loop. The main power circuit performs a step-down operation and voltage ripple filtering on an inputted direct current. After a voltage outputted by the main power circuit has been regulated by the feedback control circuit, the regulated voltage is fed back to the main power circuit from an input terminal thereof.

(57) 摘要: 一种环路补偿电路、开关电源电路及开关电源充电器。环路补偿电路包括主功率电路 (501) 及具有电压外环反馈、电流内环反馈的反馈控制电路 (502)。主功率电路对输入直流电 (式 I) 进行降压及电压波纹滤除。反馈控制电路对主功率电路输出电压进行调节后反馈输入主功率电路输入端。

$\hat{V}_i(s)$
(I)

TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则4.17的声明:

- 关于申请人有权申请并被授予专利 (细则4.17(ii))
- 发明人资格 (细则4.17(iv))

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

一种环路补偿电路、开关电源电路及开关电源充电器

技术领域

本文涉及但不限于开关电源技术领域，尤其涉及的是一种环路补偿电路、
5 开关电源电路及开关电源充电器。

背景技术

传统的 RCC（Ringing choke convertor，自激式反激转换器）充电器优点
在于：控制方式简单，价格低；自激式震荡不需要外部时钟的控制，不需要
10 设计辅助电源；缺点在于：效率低下，噪声很大，现在手机领域的充电器基
本不再使用该技术。

现有的手机充电器在稳定的电网电压条件下，其输入电压范围、输出电
压和输出功率上的控制都有较合理的方案。采用 AC-DC 的转换与反馈控制，
输出功率上相比传统的 RCC 电路得到了很大的提升。

15 现在的充电技术方案在电网电压的波动或负载变化的条件下，转换器系
统在稳定输出、瞬态响应的能力及负载的线性调节率方面改善不大。尤其在
系统稳定性方面，瞬态响应的时间调节较长，反馈系统也只是简单的调节，
没有对输出反馈环路作深入分析，并且输出端的线路上的使用二极管作导通
路径，使得导通损坏很大，充电效率得不到提升。现阶段多端口充电器的流
20 行，使用该控制方法同时多端口充电，其充电效率将会下降很多，充电电
流变小，充电时间将会变长，更有甚者是有的端口在充电过程中是充不进电的，
不同端口的电流调节得不到合理的配置。在手机长时间玩游戏时进行充电，
则电流的需求变化较大，充电器输出电流不稳定，对电池充电过程将产生较
大的冲击，造成电池的使用寿命缩短，进而可能引发烧坏手机的风险。所以，
25 要设计良好、稳定、输出效率高的充电器，其充电控制回路与反馈环路补偿
控制将至关重要。

发明内容

以下是对本文详细描述的主题的概述。本概述并非是为了限制权利要求的保护范围。

5 本发明实施例提供一种环路补偿电路、开关电源电路及开关电源充电器，用于解决相关技术中充电电路在电网电压的波动或负载变化的条件下，转换器系统在稳定输出、瞬态响应的能力及负载的线性调节率方面改善不大的问题，以提升充电电路的输出稳定性、瞬态响应的能力及负载的线性调节率。

根据一个方面，本发明实施例提供了一种环路补偿电路，包括，主功率电路及具有电压外环反馈、电流内环反馈的反馈控制电路；

10 所述主功率电路对输入直流电进行降压及电压波纹滤除；所述反馈控制电路对主功率电路输出电压进行调节后反馈输入主功率电路输入端。

可选地，所述主功率电路包括：单端反激转换电路、整流电路；

所述单端反激转换电路对输入的直流电进行降压，所述整流电路对降压后的直流电进行电压波纹滤除后输出。

可选地，所述整流电路为整流二极管及滤波电路或同步整流驱动电路。

15 可选地，所述反馈控制电路包括：检测反馈电路、误差放大电路、隔离电路、电流检测电路、PWM（Pulse Width Modulation，脉冲宽度调制）控制及驱动电路；

20 所述检测反馈电路、误差放大电路、隔离电路顺次连接，主功率电路输出电压经检测反馈电路输入给误差放大电路，误差放大电路的输出电压信号输入隔离电路，实现电压外环反馈调节；隔离电路中输出的电流信号输入到电流检测电路中，与单端反激转换电路中变压器一次侧的电流比较，产生驱动信号输入到 PWM 控制及驱动电路中，控制所述单端反激转换电路中变压器一次侧线路上的开关管的开通与关断以实现电流内环调节。

可选地，所述隔离电路为光隔离器或隔离变压器。

25 可选地，所述检测反馈电路包括：第十电阻 R10、第十一电阻 R11、电容 Ce2；

所述第十电阻 R10 与第十一电阻 R11 串联对输出电压进行分压后输出给误差放大器；所述电容 Ce2 与第十电阻 R10 并联构成超前补偿反馈电路。

根据另一方面，本发明实施例还提供了一种开关电源电路，包括共模滤波及整流电路、高精度电流调节开关、单路或多路输出电路、及上述环路补偿电路；

5 所述共模滤波及整流电路连接于输入电压及环路补偿电路输入端之间，高精度电流调节开关连接于环路补偿电路的输出端及单路或多路输出电路之间。

可选地，所述电路还包括：USB 端口适配电路，所述 USB 端口适配电路连接于环路补偿电路输出端与单路或多路输出电路之间。

10 可选地，所述电路还包括输入保护电路，所述输入保护电路位于交流输入与上述共模滤波及整流电路之间。

可选地，所述输入保护电路包括：保险丝 FUSE、负温度系数热敏电阻 RNTC 和压敏电阻 RCB，所述保险丝 FUSE 和负温度系数热敏电阻 RNTC 串联于交流输入端，所述压敏电阻 RCB 并联于交流输入端。

15 可选地，所述电路还包括由第一电压瞬变抑制二极管 D2、第二电压瞬变抑制二极管 D3、第三电阻 R3 构成串联的箝位电路；所述箝位电路连接于单端反激转换电路中变压器的输入端。

可选地，所述电路还包括静电释放 ESD 保护器件，所述每路输出电路对应设置一个 ESD 保护器件。

20 根据再一方面，本发明实施例还提供了一种开关电源充电器，包括上述开关电源电路。

本发明实施例提供的一种环路补偿电路采用电压外环反馈、电流内环反馈的反馈控制电路，对输出电压进行反馈控制，提高了环路补偿电路的输出稳定性、瞬态响应的能力及负载的线性调节率，从而提高了开关电源充电器的充电效率。

25 在阅读并理解了附图和详细描述后，可以明白其他方面。

附图概述

图 1 是本发明实施例提供的开关电源环路补偿网络的滞后补偿示意图；

图 2 是本发明实施例提供的开关电源环路补偿网络的超前补偿示意图；

图 3 是本发明实施例提供的开关电源环路补偿网络的超前-滞后补偿示意图；

5 图；

图 4 是本发明实施例提供的开关电源系统的小信号模型示意图；

图 5 是本发明实施例一提供的环路补偿电路示意图；

图 6 是本发明实施例二提供的环路补偿电路示意图；

图 7 是本发明实施例提供的开关电源电路模块示意图；

10 图 8 是本发明实施例提供的开关电源电路电路图；

图 9 是本发明实施例提供的开关电源电路幅相图；

图 10 是本发明实施例提供的开关电源电路输出瞬态响应示意图。

本发明的实施方式

15

以下结合附图和实施例，对本申请进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本申请，并不用于限定本申请。

开关电源依靠反馈控制环路保证在不同的负载条件下，得到所需的电压和电流。稳定的反馈环路对开关电源来说至关重要，反馈环路的设计影响到许多因素，包括系统的动态响应，负载电压的调整能力与稳定性。

当反馈控制环路在某个频率的环路增益为单位增益或更高增益时且总的相位延迟为 360° 时，反馈控制环路将会产生震荡，导致系统输出不稳定。如果要获得稳定且不震荡的效果，其回路增益传递函数的频率响应在增益穿越频率 f_c 处的增益为 0dB，此时曲线的斜率为 -20dB/dec，且相移不可低于 -180
25 $^\circ$ 或 -360 $^\circ$ ，即相位裕量大于零，一般开关电源系统的增益裕量都能够满足，依据设计经验最好在 10db 以上；同样在相位穿越频率处，即相位在 -180 $^\circ$ 或 -360 $^\circ$ 时，增益裕量必须大于零。根据奈奎斯特稳定判据，相位裕量超过 45

度时，反馈环路能为系统提供最好的动态响应，能阻尼震荡并缩短瞬态调节时间。在闭环控制系统中，传递函数中分母为零的特征方程 $F(s)$ 的根或闭环传递函数的分子、分母产生的零极点直接影响系统的稳定性与相位裕量的大小。下面通过分析开关电源转换器系统的零极点特性，进而建立整个系统的小信号动态模型，为环路补偿设计提供指导。

图 1 中表示的是开关电源转换器超前补偿控制方案，其中反馈分压网络 101 对转换器系统的输出电压进行分压检测，分压后输入到误差放大器中与其基准电压进行比较运算。反馈网络中如果采用纯电阻 $R1$ 、 $R2$ 分压，其反馈分压网络的传递函数 $H(s)$ 仍为常数，不会随着频率而改变，通过电阻 $R1$ 并联电容 $C2$ 的方法，可以使系统达到超前补偿的效果。误差放大器与环路补偿网络 102 中通过 $V_c(s)$ 与 $V_i(s)$ 的比较计算，得出误差放大器与环路补偿网络传递函数 $G_1(s)$ 的零点位置比极点位置更接近于原点，而且其波特图中输出信号的相位超前于输入信号的相位，则该环路补偿控制系统为超前补偿。超前补偿可以增加系统的频带宽度，提升系统的瞬态响应时间，并且增加系统低频增益的穿越频率，不足之处在于容易受到外界噪声干扰，低频处的增益补偿能力有限。

图 2 中表示的是开关电源转换器滞后补偿控制方案。反馈分压网络 201 中电阻 $R2$ 上并联电容 $C2$ ，可以使系统达到滞后补偿的效果。误差放大器与环路补偿网络 202 中，通过 $V_c(s)$ 与 $V_i(s)$ 的比较计算，得出传递函数 $G_1(s)$ 的极点位置比零点位置更接近于原点，而且其波特图中输出信号的相位滞后于输入信号的相位，所以该环路补偿控制系统为滞后补偿。滞后补偿可以提高系统抑制高频噪声的效果，不足之处在于会降低系统的瞬态响应时间。

图 3 中表示的是开关电源转换器滞后-超前补偿控制方案。反馈分压网络 301 中电阻 $R1$ 与 $R2$ 上分别并联电容 $C4$ 与 $C5$ ，以达到对系统的滞后-超前补偿，针对系统的幅相特性，采用不同的电容值，使得计算出的零极点能够对系统的环路进行补偿。误差放大器与环路补偿网络 302 中通过 $V_c(s)$ 与 $V_i(s)$ 的比较计算，得出传递函数 $G_1(s)$ 的两个零点被包含在两个极点之间，而且在其波特图中的不同频率范围内，输出信号的相位有超前、滞后于输入信号的相位，所以该环路补偿控制系统为滞后-超前补偿。

通过对系统开关周期每一状态中的连续模式与不连续模式分别建立状态方程与对其状态方程引入小信号交流扰动值，并对以上三种补偿控制策略的传递函数进行拉普拉斯反变换，来推导出整个开关电源转换器系统的小信号动态模型，如图 4 所示。

5 图 4 小信号动态模型中，误差放大器与补偿网络 401 中的误差放大器 EA 采用反馈输入的信号 VOS 与基准电压进行比较，实现电压信号的输出。在隔离式反馈补偿系统中，可采用光耦或隔离变压器实现信号的传输，如光耦的 CTR (current transfer ratio, 电流传输比)，即可实现信号隔离传输；在没有隔离式反馈补偿系统中，光耦或隔离变压器则直接省略。输出的信号直接输入到 PWM 调制器 402 中的 PWM 驱动模式 IC (Integrated circuit, 集成电路)

10 中，PWM 驱动模式 IC 采集变压器一次侧流过开关管源极上的信号，进而调节单端反激转换电路 403 中变压器一次侧中的峰值电流，电感 L_m 、 L_p 实现的是变压器一次、二次侧能量的存储与传输。反馈分压网络 404 表示的是滤波后输出的电压经过 R_{s1} 、 R_{s2} 分压反馈补偿，再输入到误差放大器中，实现

15 整个转换器系统的环路补偿控制。

针对手机充电器输出功率不高，功率开关模式转换器中反激式开关电源比较简单、价格便宜，而且反激式开关电源中的变压器用于能量的存储，输出端不需要另外使用电感器，同时也比正激转换器少了一个输出二极管。因此，反激式开关电源特别适合小型充电设备。为了系统输出稳定，降低干扰，

20 环路补偿对开关电源来说必不可少。

根据前述对开关电源转换器系统的小信号动态模型的分析，从而设计出本文提供的环路补偿电路，本发明实施例一提供的环路补偿电路如图 5 所示。

环路补偿电路包括，主功率电路 501 及具有电压外环反馈、电流内环反馈的反馈控制电路 502；

25 所述主功率电路 501 对输入直流电进行降压及电压波纹滤除；所述反馈控制电路 502 对主功率电路 501 输出电压进行调节后反馈输入主功率电路输入端。

本发明实施例提供一种环路补偿电路采用电压外环反馈、电流内环反馈的反馈控制电路，对输出电压进行反馈控制，提高了环路补偿电路的输出

稳定性、瞬态响应的能力及负载的线性调节率，从而提高了开关电源充电器的充电效率。

作为本发明环路补偿电路实施例二，如图 6 所示。所述主功率电路包括：单端反激转换电路 601、整流电路 602；

- 5 所述单端反激转换电路 601 对输入的直流电进行降压，所述整流电路 602 对降压后的直流电进行电压波纹滤除后输出。

所述整流电路为整流二极管及滤波电路或同步整流驱动电路。只要能实现整流及电压波纹滤除的功能即可。但一般采用同步整流驱动电路。原因在于整流二极管属于被动控制，且自身压降大，所以功耗大；同步整流驱动电
10 路属于主动监测控制变压器副边输出电压，且开关管属于电压型控制芯片，驱动电流远小于二极管，所以其功耗很小，几乎忽略不计。

同步整流驱动电路根据检测变压器二次侧(副边)输出电路上的电压，自动控制开关管 Q2，实现低损耗开关控制，提高了充电效率。

所述反馈控制电路包括：检测反馈电路 603、误差放大电路 604、隔离电
15 路 605、电流检测电路 606、PWM (Pulse Width Modulation, 脉冲宽度调制) 控制及驱动电路 607；

所述检测反馈电路 603、误差放大电路 604、隔离电路 605 顺次连接，主功率电路输出电压经检测反馈电路 603 输入给误差放大电路 604，误差放大电路 604 的输出电压信号输入隔离电路 605，实现电压外环反馈调节；隔离
20 电路 605 中输出的电流信号输入到电流检测电路 606 中与单端反激转换电路 601 中变压器一次侧的电流比较，产生驱动信号输入到 PWM 控制及驱动电路 607 中，控制所述单端反激转换电路 601 中变压器一次侧线路上的开关管的开通与关断以实现电流内环调节。

上述隔离电路为光隔离器或隔离变压器。

25 如图 8 所示，检测反馈电路为超前补偿反馈电路。包括：第十电阻 R10、第十一电阻 R11、电容 Ce2；所述第十电阻 R10 与第十一电阻 R11 串联对输出电压进行分压后输出给误差放大器；所述电容 Ce2 与第十电阻 R10 并联构成超前补偿反馈电路。

本发明实施例还提供了一种开关电源电路，如图 7 和图 8 所示。开关电源电路包括：共模滤波及整流电路 708、高精度电流调节开关 709、单路或多路输出电路 710、及如前述实施例描述的环路补偿电路。

5 所述共模滤波及整流电路 708 连接于输入电压及环路补偿电路输入端之间，达到滤除来自电网线路和开关电源上的共模干扰噪声，并将交流电转化为直流电供给后面的环路补偿电路。高精度电流调节开关 709 连接于环路补偿电路的输出端及单路或多路输出电路 710 之间，为单路或多路输出电路提供合理的电流值。

10 为了降低交流电压产生的 EMI (Electro Magnetic Interference，电磁干扰) 干扰对整个控制环路产生影响，交流线路上采用共模电感 L1 来滤除干扰杂波，当共模电流流过线圈时，在线圈上将会产生同向的磁场以增大线圈的感抗，以此来衰减共模电流，抑制高速信号产生的电磁波向外发射，从而达到滤波的效果。滤除后的交流电压经过整流器 Z1 实现直流输出，供后续使用。

15 为了实现 USB 充电，开关电源电路还包括：USB 端口适配电路 711；所述 USB 端口适配电路 711 连接于环路补偿电路输出端与单路或多路输出电路 711 之间。该 USB 适配器主要用来对外接 USB 设备进行识别，自动监控 USB 数据线上电压，并在数据线上提供正确的电气特性。

20 本申请提供的开关电源电路适用于全球宽范围(85V~265V)交流电的输入，如图 8 所示，在交流输入端设置有输入保护电路。所述输入保护电路包括：保险丝 FUSE、负温度系数热敏电阻 R_{NTC} ，压敏电阻 R_{CB} ，所述保险丝 FUSE 和负温度系数热敏电阻 R_{NTC} 串联于交流输入端，压敏电阻 R_{CB} 并联于交流输入端。选择延迟型的保险丝，则会尽可能的减小熔丝的额定电流；在线路上利用电阻值随温度升高而降低特性的负温度系数热敏电阻来增加线路阻抗，可以有效的抑制开机时产生的浪涌电压形成的浪涌电流；并入的压敏电阻用来
25 抑制输入产生的过电压，实现对后级电路的保护。

由于开关电源中变压器漏感的存在，会产生很大的感生电动势，导致开关管的耐压值也很大，对导通损耗是不利的，而且开关管中的电流会因漏感的存在，下降趋于缓慢，关断损耗也会变大。因此，需要增加箝位电路对开关管的电压进行箝位，以限制开关管的实际工作电压峰值。所述电路还包括

由第一电压瞬变抑制二极管 D2、第二电压瞬变抑制二极管 D3、第三电阻 R3 构成串联的箝位电路 801；所述箝位电路连接于单端反激转换电路中变压器的输入端。

5 经过功率部分变压器 T1 电压的转换，输出的电压直接输入到限流调节开关 U3 和充电适配器 U4 中，该双通道限流调节开关为外设提供 250mA ~ 2.8A 的可调充电电流和 5V 的充电电压，充电适配器自动检测 USB 端口线路上的 D+、D- 信号电压，并且自动的在数据线路上提供正确的电气特性。

10 所述电路还包括 ESD (Electro-Static discharge, 静电释放) 保护器件，所述每路输出电路对应设置一个 ESD 保护器件 ESD 器件接在 USB 端口 V+、D+、D- 信号线上，起到防静电的作用。U5 和 U6 作为 USB 充电输出端口的 ESD 保护器件，采用一般保护器件即可。

15 在环路瞬态响应与稳定性的调节中，先根据系统的波特图分析其稳定性，再对其反馈网路进行补偿设计。变压器 T1 二次侧输出的电压通过反馈分压网络 802 中电阻 R10 和 R11 进行分压检测，再输入到误差放大器与补偿网络 803 中的基准芯片上，与基准芯片自身的参考电压相比较产生控制信号，通过光耦 OC1 实现电流反馈传输。光耦输出的电流信号输入到峰值电流控制芯片 U1 中，产生驱动信号控制功率管 Q1，实现对变压器 T1 一次侧能量存储与释放的调节，即对输出电压进行调节。变压器二次侧电压输出线路上采用同步整流驱动器 U2 取代了传统的二极管，同步整流驱动器自动检测变压器
20 二次侧上的电压，实现自动控制功率管 Q2 导通与关断，降低了开关电源输出端的整流损耗和电源本身的发热，提高了转换效率。

作为本申请再一个方面，本发明实施例还提供了一种开关电源充电器，包括上述的开关电源电路。

25 图 9 表示的开关电源充电器环路补偿系统的幅相图，从图中可以看出经过环路补偿后的转换器系统的幅值裕量为 20dB，相位裕量为 65.9°，满足了系统稳定性设计要求。

图 10 表示的是开关电源充电器输出瞬态响应图，随着输入电压从 220V 降到 210V，经过环路补偿后系统降低后又快速达到稳定的 5V 输出，其响应时间控制在 30us 之内，比传统的开关电源充电器的瞬态响应时间提高了很多。

表 1 表示的是开关电源充电器输出功率表，从数据表中可以看出经过环路补偿后系统的输出功率达到 86% 左右，满足了高效率的输出。

双端口	输入电压	输入电流	输入功率	输出功率	效率%
Port1	110VAC	0.142	7.21	6.21	86.1%
Port2	110VAC	0.218	13.76	11.93	86.7%
Port1	220VAC	0.183	18.23	15.64	85.8%
Port2	220VAC	0.256	26.31	22.76	86.5%

表 1

5 本发明实施例的开关电源充电器环路补偿的优选实施例的具体参数如下：

在开关电源电路中，输入为 85 ~ 265V 交流输入；输出电压为 5V；双路输出电流都为 2.5A；R10 为 10K；R11 为 10K；Ce1 为 2uF；Ce2 为 0.1uF；Ce3 为 22nF；Ce4 为 100nF；Re1 为 30K；Re2 为 6Ω；Re3 为 390Ω；U2 采用
10 UCC24610 芯片，功率管 Q2 采用低内阻的 CSD16556Q 芯片，基准电压芯片采用 ATL431BQ，光耦采用 VOS617 芯片。

本发明实施例提供的一种环路补偿电路采用电压外环反馈、电流内环反馈的反馈控制电路，对输出电压进行反馈控制，提高了环路补偿电路的输出稳定性、瞬态响应的能力及负载的线性调节率，从而提高了开关电源充电器的
15 的充电效率。

上述说明示出并描述了本申请的优选实施例，但如前所述，应当理解本申请并非局限于本文所披露的形式，不应看作是对其他实施例的排除，而可用于各种其他组合、修改和环境，并能够在本文所述发明构想范围内，通过
20 上述教导或相关领域的技术或知识进行改动。而本领域技术人员所进行的改动和变化不脱离本申请的精神和范围，则都应在本申请所附权利要求的保护范围内。

工业实用性

- 5 本发明实施例提供的一种环路补偿电路采用电压外环反馈、电流内环反馈的反馈控制电路，对输出电压进行反馈控制，提高了环路补偿电路的输出稳定性、瞬态响应的能力及负载的线性调节率，从而提高了开关电源充电器的充电效率。

权 利 要 求 书

1、一种环路补偿电路，包括，主功率电路及具有电压外环反馈、电流内环反馈的反馈控制电路；

5 所述主功率电路对输入直流电进行降压及电压波纹滤除；所述反馈控制电路对主功率电路输出电压进行调节后反馈输入主功率电路输入端。

2、根据权利要求 1 所述的电路，其中：

所述主功率电路包括：单端反激转换电路、整流电路；

所述单端反激转换电路对输入的直流电进行降压，所述整流电路对降压后的直流电进行电压波纹滤除后输出。

10 3、根据权利要求 2 所述的电路，其中：

所述整流电路为整流二极管及滤波电路或同步整流驱动电路。

4、根据权利要求 2 所述的电路，其中：

所述反馈控制电路包括：检测反馈电路、误差放大电路、隔离电路、电流检测电路、脉冲宽度调制 PWM 控制及驱动电路；

15 所述检测反馈电路、误差放大电路、隔离电路顺次连接，主功率电路输出电压经检测反馈电路输入给误差放大电路，误差放大电路的输出电压信号输入隔离电路，实现电压外环反馈调节；隔离电路中输出的电流信号输入到电流检测电路中与单端反激转换电路中变压器一次侧的电流比较，产生驱动信号输入到 PWM 控制及驱动电路中，控制所述单端反激转换电路中变压器
20 一次侧线路上的开关管的开通与关断以实现电流内环调节。

5、根据权利要求 4 所述的电路，其中：

所述隔离电路为光隔离器或隔离变压器。

6、根据权利要求 4 所述的电路，其中：

所述检测反馈电路包括：第十电阻 R10、第十一电阻 R11、电容 Ce2；

所述第十电阻 R10 与第十一电阻 R11 串联对输出电压进行分压后输出给误差放大器；所述电容 Ce2 与第十电阻 R10 并联构成超前补偿反馈电路。

5 7、一种开关电源电路，包括：共模滤波及整流电路、高精度电流调节开关、单路或多路输出电路、及如权利要求 1 至 6 任一项所述的环路补偿电路；

所述共模滤波及整流电路连接于输入电压及环路补偿电路输入端之间，高精度电流调节开关连接于环路补偿电路的输出端及单路或多路输出电路之间。

8、根据权利要求 7 所述的电路，其中：

10 所述电路还包括：USB 端口适配电路，所述 USB 端口适配电路连接于环路补偿电路输出端与单路或多路输出电路之间。

9、根据权利要求 7 所述的电路，其中：

所述电路还包括输入保护电路，所述输入保护电路位于交流输入与所述共模滤波及整流电路之间。

15 10、根据权利要求 9 所述的电路，其中：

所述输入保护电路包括：保险丝 FUSE、负温度系数热敏电阻 R_{NTC} ，压敏电阻 R_{CB} ，所述保险丝 FUSE 和负温度系数热敏电阻 R_{NTC} 串联于交流输入端，压敏电阻 R_{CB} 并联于交流输入端。

11、根据权利要求 7 所述的电路，其中：

20 所述电路还包括由第一电压瞬变抑制二极管 D2、第二电压瞬变抑制二极管 D3、第三电阻 R3 构成串联的箝位电路；所述箝位电路连接于单端反激转换电路中变压器的输入端。

12、根据权利要求 7 所述的电路，其中：

所述电路还包括静电释放 ESD 保护器件，所述每路输出电路对应设置一个 ESD 保护器件。

13、一种开关电源充电器，包括如权利要求 7 至 12 任一项所述的开关电源电路。

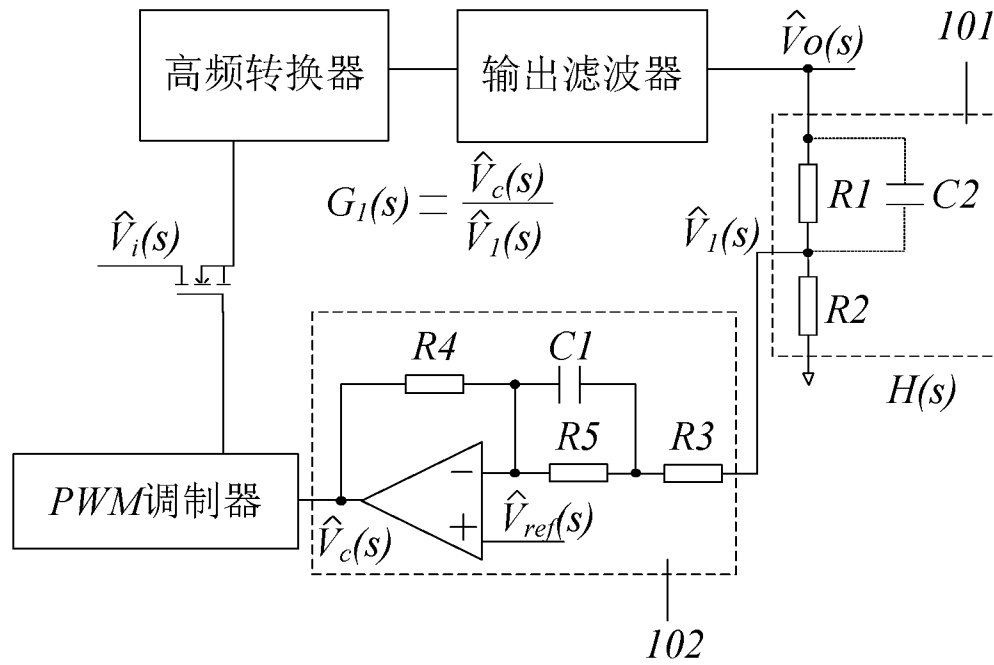


图 1

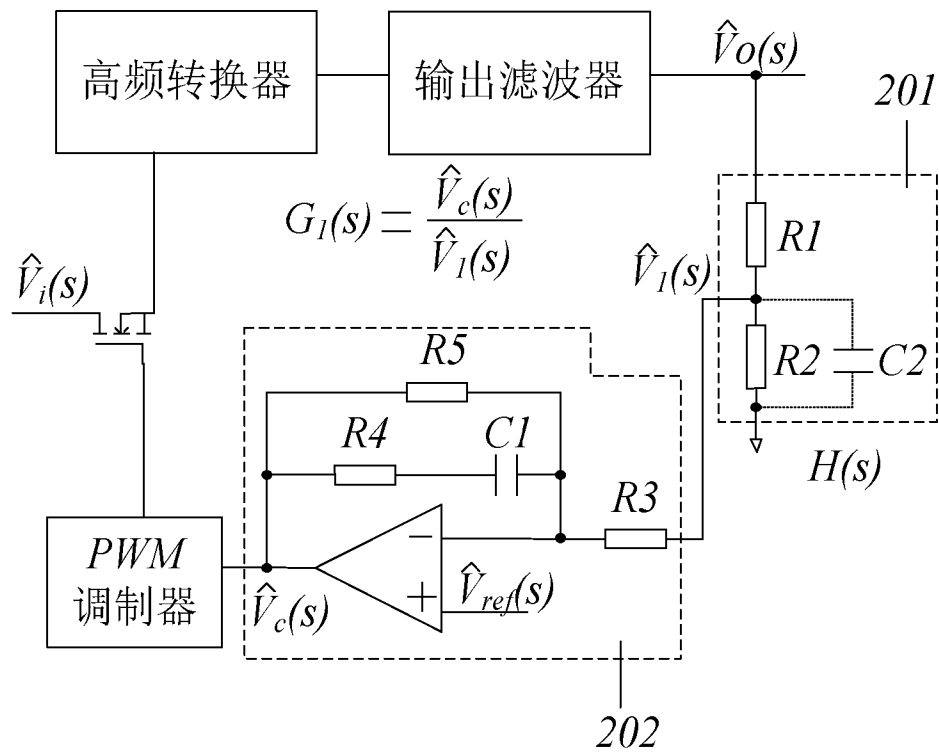


图 2

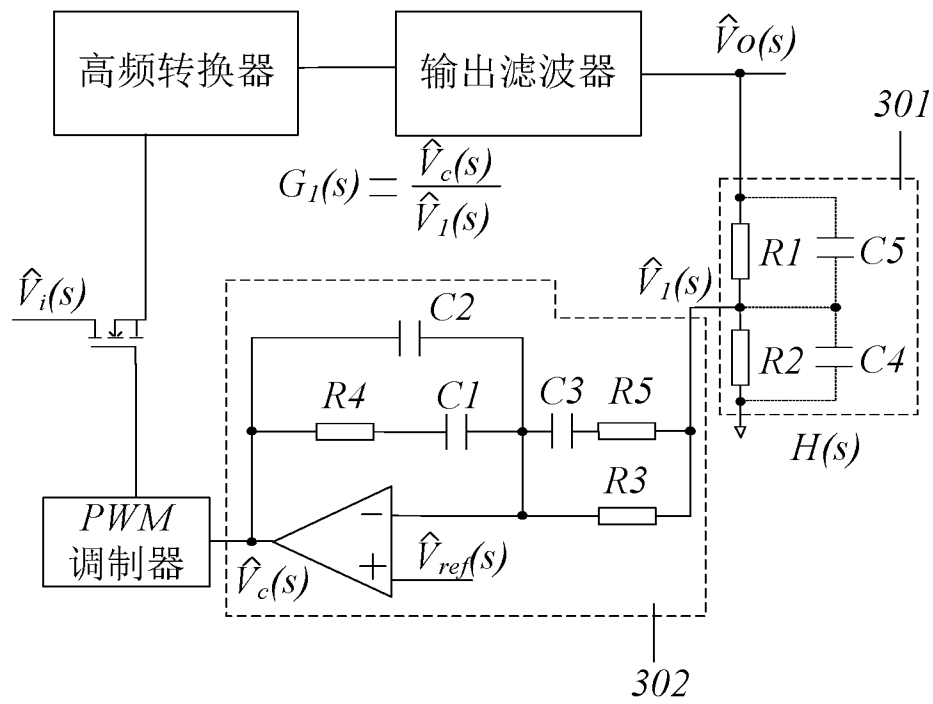


图 3

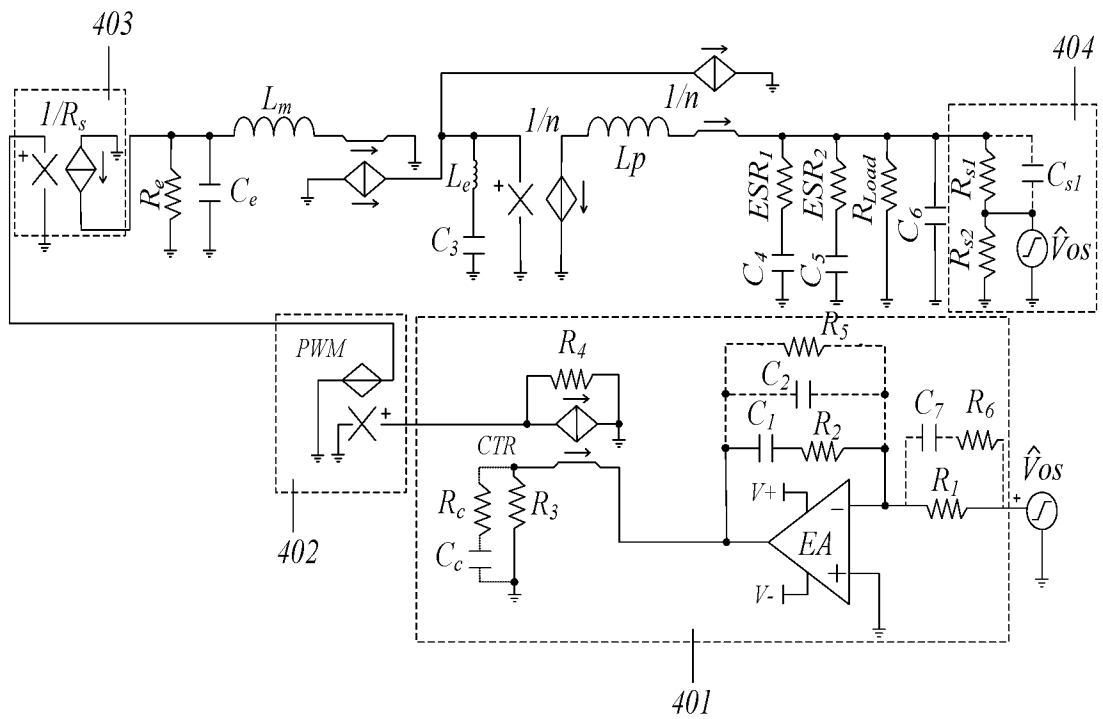


图 4

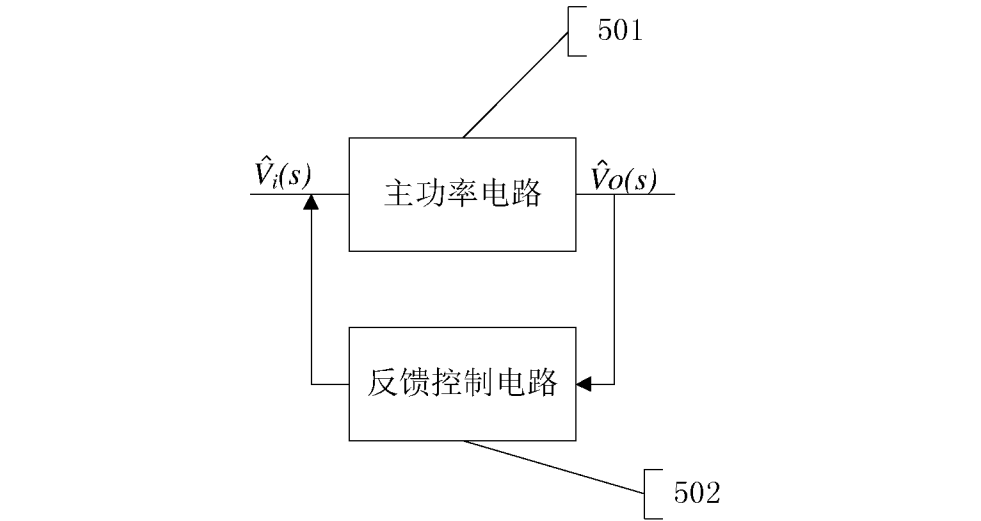


图 5

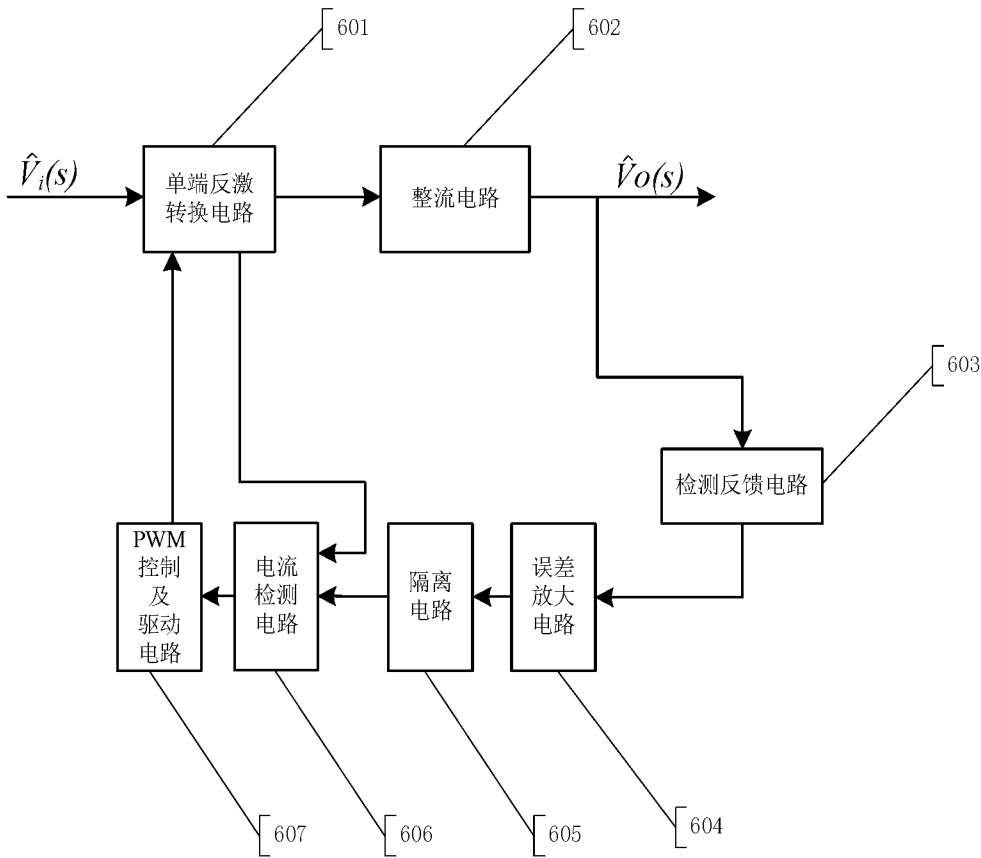


图 6

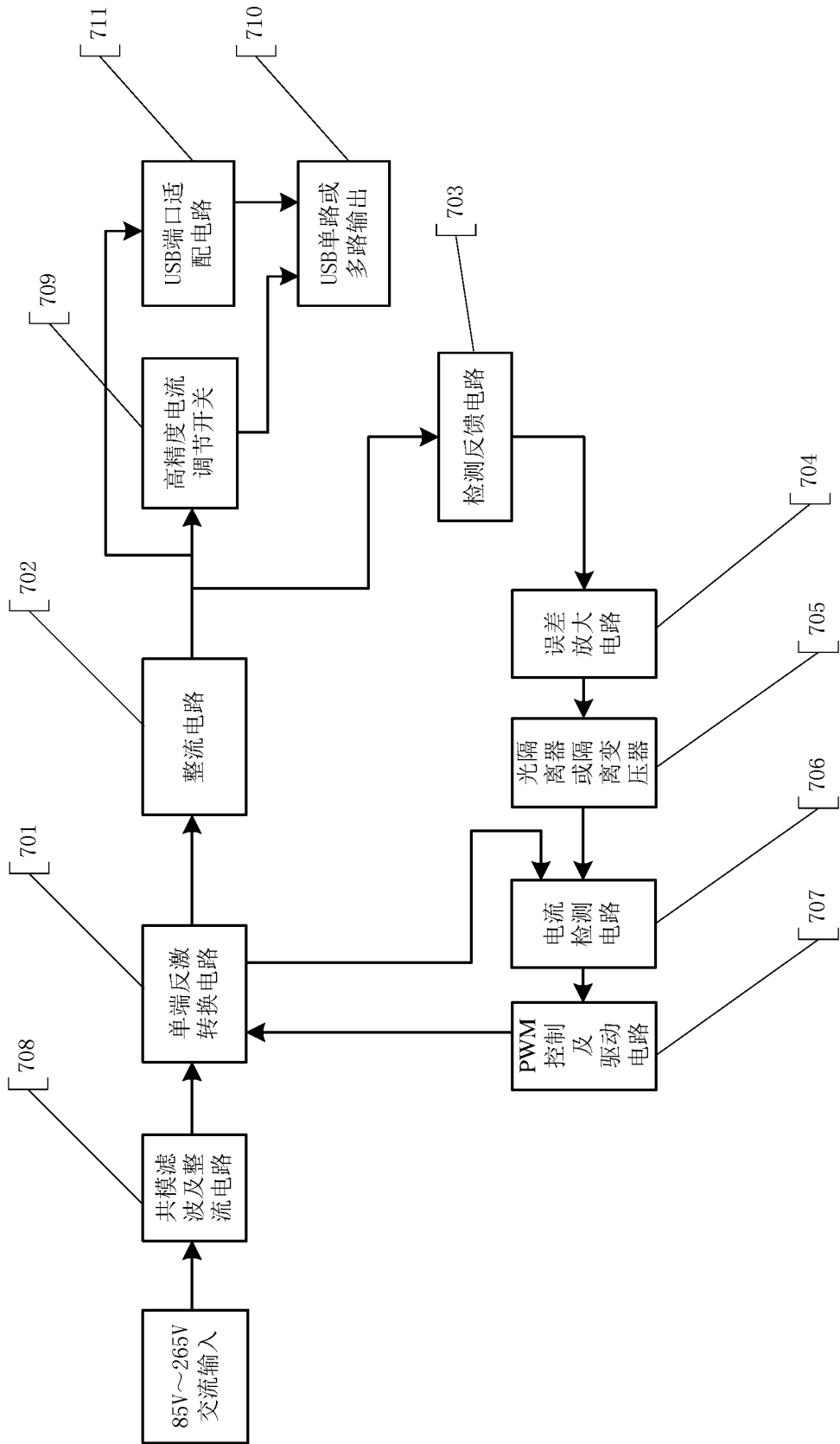
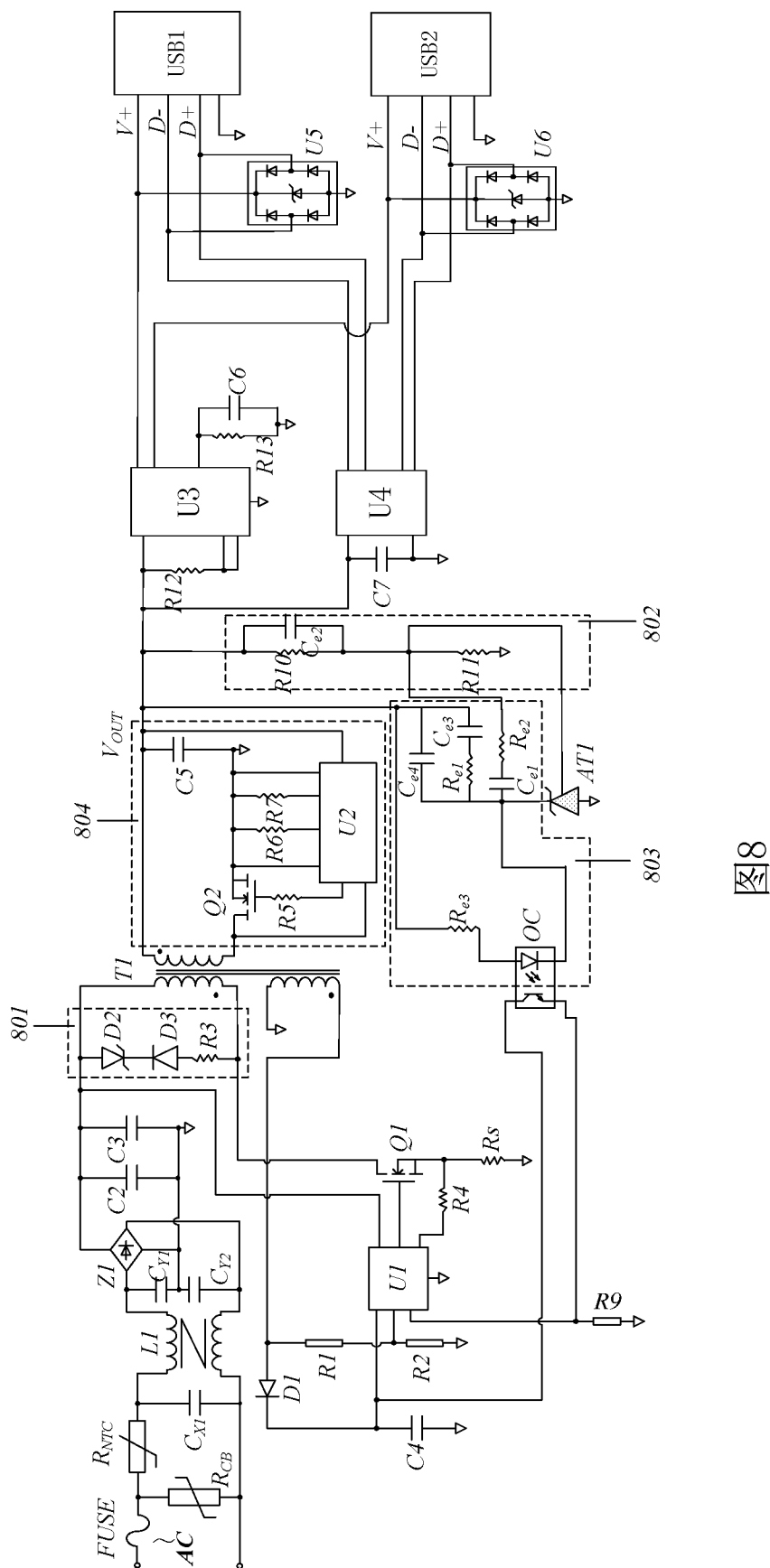


图7



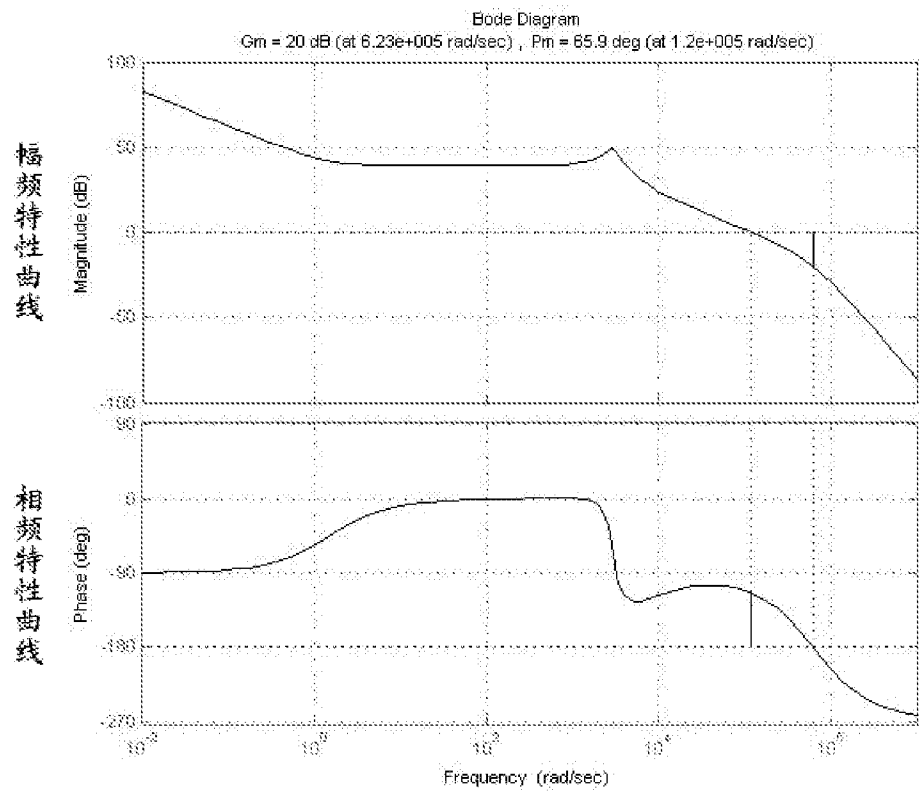


图 9

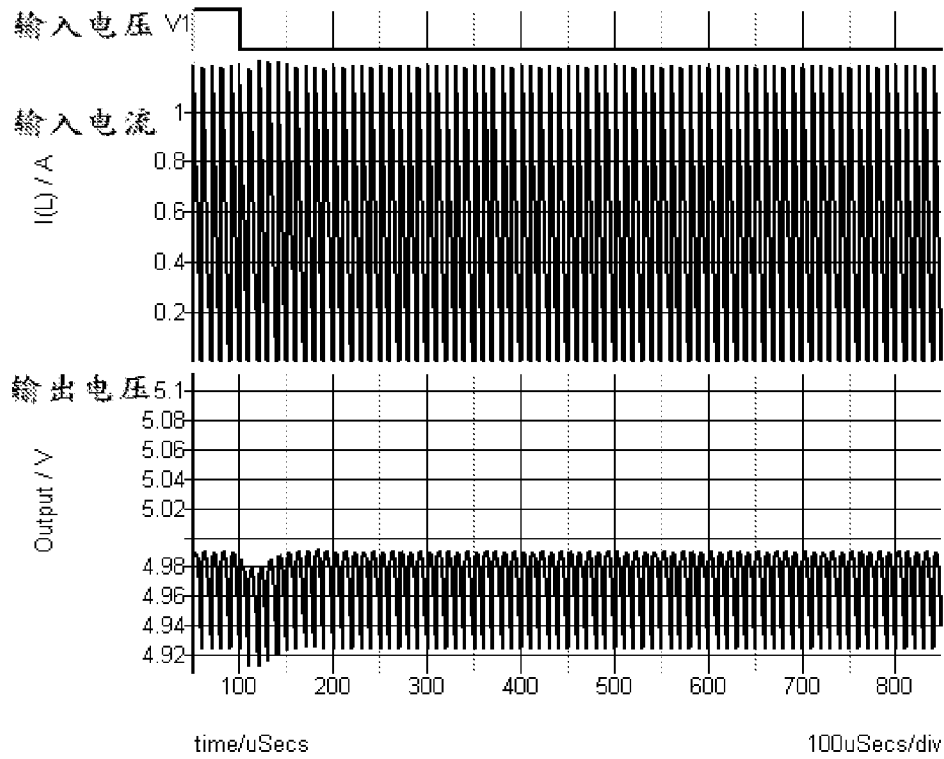


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/090474

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J 7/00(2006.01) i; H02M 3/335 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02M, H02J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI: clamping circuit, pwm, usb, volt+, current, loop, detect+, sens+, feedback, measur+, sampl+, capacit+, parallel+, transformer, isolat+, flyback, multi+, plural+, more, output

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 104022661 A (HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 03 September 2014 (03.09.2014), description, paragraphs [0025]-[0044], and figures 1-11	1-6
Y	CN 104022661 A (HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 03 September 2014 (03.09.2014), description, paragraphs [0025]-[0044], and figures 1-11	7-13
Y	CN 204928318 U (AUKEY E-BUSINESS CO., LTD.) 30 December 2015 (30.12.2015), paragraphs [0023]-[0039], and figure 1	7-13
A	CN 101982919 A (CHANG'AN UNIVERSITY) 02 March 2011 (02.03.2011), the whole document	1-13
A	US 2007118311 A1 (CHENG YUAN-HUANG) 24 May 2007 (24.05.2007), the whole document	1-13

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 13 December 2017	Date of mailing of the international search report 20 January 2017
---	---

Name and mailing address of the ISA
State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao
Haidian District, Beijing 100088, China
Facsimile No. (86-10) 62019451

Authorized officer
HUANG, Jun
Telephone No. (86-10) 62411799

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/090474

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2013307339 A1 (GEN ELECTRIC) 21 November 2013 (21.11.2013), the whole document	1-13
A	CN 101515726 A (SUZHOU INDUSTRIAL PARK HUABO ELECTRONIC TECHNOLOGY CO., LTD.) 26 August 2009 (26.08.2009) the whole document	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/090474

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104022661 A	03 September 2014	None	
CN 204928318 U	30 December 2015	None	
CN 101982919 A	02 March 2011	CN 101982919 B	05 December 2012
US 2007118311 A1	24 May 2007	None	
US 2013307339 A1	21 November 2013	US 9373964 B2	21 June 2016
CN 101515726 A	26 August 2009	CN 101515726 B	19 June 2013

A. 主题的分类 H02J 7/00(2006.01)i; H02M 3/335(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类																							
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) H02M, H02J 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI: 反激, 变压器, 隔离, 电压, 电流, 环, 检, 测, 传感, 反馈, 采样, 箝位, 脉宽, pwm, usb, volt+, current, loop, detect+, sens+, feedback, measur+, sampl+, capacit+, parallel+, transformer, isolat+, flyback, multi+, plural+, more, output																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 104022661 A (合肥工业大学) 2014年 9月 3日 (2014 - 09 - 03) 说明书第[0025]-[0044]段, 附图1-11</td> <td>1-6</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 104022661 A (合肥工业大学) 2014年 9月 3日 (2014 - 09 - 03) 说明书第[0025]-[0044]段, 附图1-11</td> <td>7-13</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 204928318 U (深圳市傲基电子商务股份有限公司) 2015年 12月 30日 (2015 - 12 - 30) 第[0023]-[0039]段, 附图1</td> <td>7-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101982919 A (长安大学) 2011年 3月 2日 (2011 - 03 - 02) 全文</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2007118311 A1 (CHENG YUAN-HUANG) 2007年 5月 24日 (2007 - 05 - 24) 全文</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2013307339 A1 (GEN ELECTRIC) 2013年 11月 21日 (2013 - 11 - 21) 全文</td> <td>1-13</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 104022661 A (合肥工业大学) 2014年 9月 3日 (2014 - 09 - 03) 说明书第[0025]-[0044]段, 附图1-11	1-6	Y	CN 104022661 A (合肥工业大学) 2014年 9月 3日 (2014 - 09 - 03) 说明书第[0025]-[0044]段, 附图1-11	7-13	Y	CN 204928318 U (深圳市傲基电子商务股份有限公司) 2015年 12月 30日 (2015 - 12 - 30) 第[0023]-[0039]段, 附图1	7-13	A	CN 101982919 A (长安大学) 2011年 3月 2日 (2011 - 03 - 02) 全文	1-13	A	US 2007118311 A1 (CHENG YUAN-HUANG) 2007年 5月 24日 (2007 - 05 - 24) 全文	1-13	A	US 2013307339 A1 (GEN ELECTRIC) 2013年 11月 21日 (2013 - 11 - 21) 全文	1-13
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
X	CN 104022661 A (合肥工业大学) 2014年 9月 3日 (2014 - 09 - 03) 说明书第[0025]-[0044]段, 附图1-11	1-6																					
Y	CN 104022661 A (合肥工业大学) 2014年 9月 3日 (2014 - 09 - 03) 说明书第[0025]-[0044]段, 附图1-11	7-13																					
Y	CN 204928318 U (深圳市傲基电子商务股份有限公司) 2015年 12月 30日 (2015 - 12 - 30) 第[0023]-[0039]段, 附图1	7-13																					
A	CN 101982919 A (长安大学) 2011年 3月 2日 (2011 - 03 - 02) 全文	1-13																					
A	US 2007118311 A1 (CHENG YUAN-HUANG) 2007年 5月 24日 (2007 - 05 - 24) 全文	1-13																					
A	US 2013307339 A1 (GEN ELECTRIC) 2013年 11月 21日 (2013 - 11 - 21) 全文	1-13																					
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																							
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																							
国际检索实际完成的日期 2016年 12月 13日		国际检索报告邮寄日期 2017年 1月 20日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 黄君 电话号码 (86-10)62411799																					

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 101515726 A (苏州工业园区华波电子科技有限公司) 2009年 8月 26日 (2009 - 08 - 26) 全文	1-13

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/090474

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	104022661	A	2014年 9月 3日	无	
CN	204928318	U	2015年 12月 30日	无	
CN	101982919	A	2011年 3月 2日	CN 101982919	B 2012年 12月 5日
US	2007118311	A1	2007年 5月 24日	无	
US	2013307339	A1	2013年 11月 21日	US 9373964	B2 2016年 6月 21日
CN	101515726	A	2009年 8月 26日	CN 101515726	B 2013年 6月 19日