

(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
2012 年 2 月 9 日 (09.02.2012)



PCT



(10) 国际公布号
WO 2012/016398 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02M 3/158 (2006.01) H02M 1/14 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2010/078069
- (22) 国际申请日: 2010 年 10 月 25 日 (25.10.2010)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201010248402.5 2010 年 8 月 6 日 (06.08.2010) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 东南大学 (SOUTHEAST UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省南京市四牌楼 2 号, Jiangsu 210096 (CN)。
- (72) 发明人; 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 孙伟锋 (SUN, Weifeng) [CN/CN]; 中国江苏省南京市四牌楼 2 号, Jiangsu 210096 (CN)。 杨淼 (YANG, Miao) [CN/CN]; 中国江苏省南京市四牌楼 2 号, Jiangsu 210096 (CN)。 金友山 (JIN, Youshan) [CN/CN]; 中国江苏省南京市四牌楼 2 号, Jiangsu 210096 (CN)。 刘思超 (LIU, Sichao) [CN/CN]; 中国江苏省南京市四牌楼 2 号, Jiangsu 210096 (CN)。 徐申 (XU, Shen) [CN/CN]; 中国江苏省南京市四牌楼 2 号,

Jiangsu 210096 (CN)。 陆生礼 (LU, Shengli) [CN/CN]; 中国江苏省南京市四牌楼 2 号, Jiangsu 210096 (CN)。 时龙兴 (SHI, Longxing) [CN/CN]; 中国江苏省南京市四牌楼 2 号, Jiangsu 210096 (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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

[见续页]

(54) Title: SWITCHING POWER SUPPLY WITH QUICK TRANSIENT RESPONSE

(54) 发明名称: 具有快速瞬态响应的开关电源

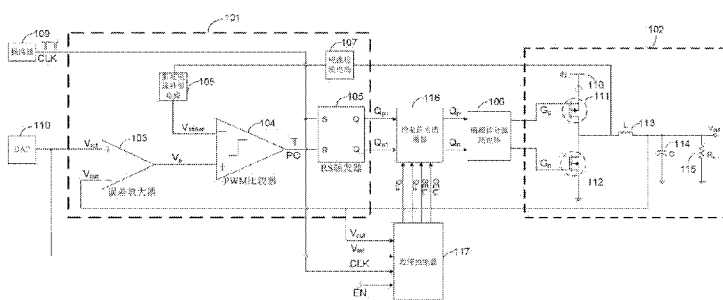


图 3 / Fig. 3

- 103 ERROR AMPLIFIER
104 PWM COMPARATOR
105 RS TRIGGER
106 GATE SIGNAL GATE
107 CURRENT DETECTING CIRCUIT
108 SLOPE CURRENT COMPENSATING CIRCUIT
109 OSCILLATOR
117 HYSTERETIC CONTROLLER

(57) Abstract: A switching power supply with a quick transient response is provided. A hysteretic control loop which comprises a hysteretic controller (117) and a control signal gate (116) is added to the original PWM control loop of the switching power supply. The hysteretic controller (117) is used to detect an output voltage (Vout) of the switching power supply and compare the output voltage (Vout) of the switching power supply with a reference voltage (Vref). When a load current (Iout) of the switching power supply is suddenly changed, the output voltage (Vout) of the switching power supply fluctuates. If the output voltage (Vout) of the switching power supply is in a setting range of the hysteretic voltage, output terminals (SELp, SELn) of the hysteretic controller (117) are in a low potential, and the control signal gate (116) selects output signals (Qp1, Qn1) from a PWM controller (101) as input signals of a gate signal drive circuit (106). If the fluctuation of the output voltage (Vout) of the switching power supply exceeds the setting range of the hysteretic voltage, an output terminal (SELp, SELn) of the hysteretic controller (117) outputs a high potential, and the control signal gate (116) selects output signals (Qp2, Qn2) of the hysteretic controller (117) as input signals of the gate signal drive circuit (106), so the operation of switching tubes (111, 112) at the power lever (102) of the switching power supply is controlled to stabilize the output voltage (Vout).

[见续页]

**本国际公布:**

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

(57) 摘要:

提供一种具有快速瞬态响应的开关电源，在开关电源原有 P W M 控制环路增加迟滞控制环路，该环路包括迟滞控制器 (117) 和控制信号选通器 (116)，迟滞控制器 (117) 用于检测开关电源的输出电压 (Vout)，将开关电源输出电压 (Vout) 与基准电压 (Vref) 相比较。当开关电源负载电流 (Iout) 突变时，开关电源输出电压 (Vout) 波动。若开关电源输出电压 (Vout) 处于所设置的迟滞电压范围内，则迟滞控制器 (117) 的输出端 (SELp, SELn) 均为低电位，控制信号选通器选择 (116) P W M 控制器 (101) 的输出信号 (Qp1, Qn1) 作为栅极信号驱动电路 (106) 的输入信号；若开关电源输出电压的波动 (Vout) 超出设置的迟滞电压范围，则迟滞控制器 (117) 的输出端 (SELp, SELn) 输出高电位，控制信号选通器 (116) 选择迟滞控制器 (117) 的输出信号 (Qp2, Qn2) 作为栅极信号驱动电路 (106) 的输入信号，控制开关电源功率级 (102) 开关管 (111, 112) 的工作，稳定输出电压 (Vout)。

具有快速瞬态响应的开关电源

技术领域

本发明涉及负载电流突变快速瞬态响应开关电源，尤其是一种输出电压可变的快速瞬态响应开关电源，它能够提高开关电源的瞬态响应速度，减小输出电压的波动幅度并缩短输出电压的稳定时间。

背景技术

现今，微处理器和 DSP (Digital Signal Processor) 的发展需要开关电源具有大的电流变化速率和快速瞬态响应。事实上，微处理器和 DSP 对于开关电源是快速变化的负载。比如说，为了减少功耗，当空闲时，微处理器和 DSP 进入“睡眠模式”，工作电流很小；当需要时，微处理器和 DSP 产生瞬间的大电流，要求开关电源具有快速瞬态响应能力。

一种改善开关电源瞬态响应速度的方法为 LnLC (Linear non-linear Control)，它在原有的线性控制环路基础上增加非线性控制环路。当负载电流稳定时，开关电源的线性控制环路起作用；当负载电流发生突变导致输出电压变化超过限定值后，非线性控制环路代替线性环路工作，提高瞬态响应速度。此非线性控制环路需要两个比较器来检测输出电压是否低于最小限定值或高于最大限定值。对于输出电压可变的开关电源，需要额外的电路来产生跟随输出电压变化的限定值，会增加电路复杂度和芯片面积。一个好的瞬态响应提高电路要求具有快速稳定输出电压的效果，同时希望结构简单，受工艺、工作环境的影响尽量小。

发明内容

本发明提供一种能够使开关电源的输出电压的波动幅度和稳定时间得到改善的具有快速瞬态响应的开关电源。

本发明采用如下技术方案：

一种具有快速瞬态响应的开关电源，包括：含有电感的功率级、PWM 控制器及栅极信号驱动电路，在 PWM 控制器的基准电压输入端上连接有助于产生基准电压的数模转换器，在 PWM 控制器的时钟信号输入端上连接有助于产生时钟信号的振荡器，所述功率级的输出端与 PWM 控制器的以开关电源输出电压为反馈信号的电压反馈信号输入端连接，所述 PWM 控制器用于采集功率级中电感的电流信号并将所采集到的电流信号作为 PWM 控制器的电流反馈信号输入端的输入信号，所述栅极信号驱动电路的一个输出端与功率级的一个输入端连接，所述栅极信号驱动电路的另一输出端与功率级的另一输入端连接，功率级的输出端作为开关电源的输出端，其特征在于，所述开关电源还包括迟滞控制器和控制信号选通器，所述控制信号选通器的一个输出端与栅极信号驱动电路的一个输入端连接，所述控制信号选通器的另一输出端与栅极信号驱动电路的另一输入端连接，所述迟滞控制器的基准电压输入端与数模转换器的基准电压输出端连接，所述迟滞控制器的时钟信号输入端与振荡器的时钟信号输出端连接，所述迟滞控制器以开关电源的输出电压作为迟滞控制器的输入电压输至迟滞控制器的电压信号输入端，迟滞控制器用于检测开关电源输出电压的大小，将其与基准电压相比较，若开关电源输出电压在所设置的迟滞电压范围内，则迟滞控制器的输出端 SEL_p 和输出端 SEL_n 均为低电位，控制信号选通器选择 PWM 控制器的输出信号 Q_{p1} 和输出信号 Q_{n1} 作为栅极信号驱动电路的输入信号，所述迟滞电压范围是基准电压 $\pm (10\sim 30mV)$ ；若开关电源输出电压的波动大小超出设置的迟滞电压范围，则迟滞控制器的输出端 SEL_p 或输出端 SEL_n 输出高电位，控制信号选通器选择迟滞控制器的输出信号 Q_{p2} 和输出信号 Q_{n2} 作为栅极信号驱动电路的输入信号。

本发明的优点及显著效果

本发明是通过在开关电源原有 PWM 控制器上额外增加一个迟滞控制器来提高开关

电源的瞬态响应能力。当开关电源负载电流发生突变，输出电压发生波动，并超过了迟滞电压范围，那么迟滞控制器取代 PWM 控制器起作用。

若输出电压过大，迟滞控制器会关断 P 型功率 MOS 管，而开启 N 型功率 MOS 管，输出滤波电容放电，使输出电压下降。迟滞控制环路工作一至两个 PWM 振荡周期后，开关电源自动切换由 PWM 控制器控制，但迟滞控制器仍然检测输出电压是否处于迟滞电压范围内；若输出电压再次超出迟滞电压范围，开关电源将再次切换由迟滞控制器控制，直到输出电压稳定。

当输出电压过小，迟滞控制器会开启 P 型功率 MOS 管，关断 N 型功率 MOS 管，给输出滤波电容充电，使输出电压上升。在迟滞控制器工作一至两个 PWM 振荡周期后，开关电源自动切换由 PWM 控制器控制，但迟滞控制器仍然检测输出电压是否处于迟滞电压范围内；若输出电压再次超出迟滞电压范围，开关电源将再次切换由迟滞控制器控制，直到输出电压稳定。

新增的迟滞控制器只在输出电压波动超出迟滞电压范围时工作，不会影响开关电源的其他性能。另外，本发明的开关电源的输出电压可变，在不同输出电压下都能有效提高其负载电流瞬态响应速度。

附图说明

图 1 是输出电压可变的开关电源电路框图，包括功率级、PWM 控制器及栅极信号驱动电路。

图 2 是栅极信号驱动电路的具体电路框图，包括逻辑门电路和反相器驱动链电路。

图 3 是加入本发明后输出电压可变的开关电源电路框图，包括迟滞控制器、控制信号选通器、功率级、PWM 控制器以及栅极信号驱动电路。

图 4 是本发明的具体电路框图，包括迟滞比较器、边沿检测电路、定时电路、逻辑门电路和控制信号选通器。

图 5 是迟滞比较器的电路图，其具有中心比较电压可变，迟滞电压范围确定的特性。

图 6 是边沿检测电路，其作用是检测迟滞比较器输出的跳变。

图 7 是定时电路，其作用是控制迟滞控制环路的工作时间。

图 8 是控制信号选通器，其作用选择 PWM 控制器的控制信号或迟滞控制器的控制信号，并输入到栅极信号驱动电路，决定功率 MOS 管的栅极信号。

图 9 栅极信号驱动电路的信号传输波形图。

图 10 输出电压波动后迟滞控制器内信号传输波形图。

图 11 负载突变后输出电压的波动和迟滞控制器的栅极信号波形图。

图 12 是原开关电源的负载电流突变瞬态响应。

图 13 是加入迟滞控制器后开关电源的负载电流突变瞬态响应。

具体实施方式

一种具有快速瞬态响应的开关电源，包括：含有电感 113 的功率级 102、PWM 控制器 101 及栅极信号驱动电路 106，在 PWM 控制器 101 的基准电压输入端上连接有助于产生基准电压的数模转换器 110，在 PWM 控制器 101 的时钟信号输入端上连接有助于产生时钟信号的振荡器 109，所述功率级 102 的输出端与 PWM 控制器 101 的以开关电源输出电压为反馈信号的电压反馈信号输入端连接，所述 PWM 控制器 101 用于采集功率级 102 中电感 113 的电流信号并将所采集到的电流信号作为 PWM 控制器 101 的电流反馈信号输入端的输入信号，所述栅极信号驱动电路 106 的一个输出端与功率级 102 的一个输入端连接，所述栅极信号驱动电路 106 的另一输出端与功率级 102 的另一输入端连接，功率级 102 的输出端作为开关电源的输出端，其特征在于，所述开关电源还包括迟滞控制器 117 和控制信号选通器 116，所述控制信号选通器 116 的一个输出端与栅极

信号驱动电路 106 的一个输入端连接, 所述控制信号选通器 116 的另一输出端与栅极信号驱动电路 106 的另一输入端连接, 所述迟滞控制器 117 的基准电压输入端与数模转换器 110 的基准电压输出端连接, 所述迟滞控制器 117 的时钟信号输入端与振荡器 109 的时钟信号输出端连接, 所述迟滞控制器 117 以开关电源的输出电压作为迟滞控制器 117 的输入电压输至迟滞控制器 117 的电压信号输入端, 迟滞控制器 117 用于检测开关电源输出电压的大小, 将其与基准电压相比较, 若开关电源输出电压在所设置的迟滞电压范围内, 则迟滞控制器 117 的输出端 SEL_p 和输出端 SEL_n 均为低电位, 控制信号选通器 116 选择 PWM 控制器 101 的输出信号 Q_{p1} 和输出信号 Q_{n1} 作为栅极信号驱动电路 106 的输入信号, 所述迟滞电压范围是基准电压 $\pm (10\sim 30mV)$; 若开关电源输出电压的波动大小超出设置的迟滞电压范围, 则迟滞控制器 117 的输出端 SEL_p 或输出端 SEL_n 输出高电位, 控制信号选通器 116 选择迟滞控制器的输出信号 Q_{p2} 和输出信号 Q_{n2} 作为栅极信号驱动电路 106 的输入信号。

所述的迟滞控制器 117 由迟滞比较器 401、第一反相器 402、定时电路 403、上升沿检测电路 408 和下降沿检测电路 409 组成, 开关电源输出端与迟滞比较器 401 的负相输入端连接, 数模转换器 DAC110 的输出端与迟滞比较器 401 的正相输入端连接, 迟滞比较器 401 的输出端分别与第一反相器 402 的输入端、上升沿检测电路 408 的一个输入端和下降沿检测电路 409 的一个输入端连接, 并作为迟滞控制器 117 的输出端 Q_{p2} , 第一反相器 402 的输出端作为迟滞控制器 117 的输出端 Q_{n2} , 上升沿检测电路 408 的另外两个输入端分别与定时电路 403 的输出端 Reset 和使能端 EN 连接, 上升沿检测电路 408 的一个输出端 $Pulse_p$ 与定时电路 403 的一个输入端连接, 上升沿检测电路 408 的另一输出端作为迟滞控制器 117 的输出端 SEL_p , 下降沿检测电路 409 的另外两个输入端分别与定时电路 403 的输出端 Reset 和使能端 EN 连接, 下降沿检测电路 409 的输出端 $Pulse_n$ 与定时电路 403 的另一个输入端连接, 下降沿检测电路 409 的另一输出端作为迟滞控制器 117 的输出端 SEL_n , 定时电路 403 的时钟信号输入端和使能信号输入端分别作为迟滞控制器 117 的时钟信号输入端和使能信号输入端。

所述的控制信号选通器 116 由第一选通器 801、第二选通器 802、第三选通器 803、第四选通器 804、第一或非门 805、第二或非门 807、第二反相器 806 和第三反相器 808 组成。迟滞控制器 117 的输出端 SEL_n 分别与第三选通器 803 的一个输入端 SEL 和第四选通器 804 的一个输入端 SEL 连接, 迟滞控制器 117 的另一输出端 SEL_p 分别与第一选通器 801 的一个输入端 SEL 和第二选通器 802 一个输入端 SEL 连接, PWM 控制器 101 的输出端 Q_{p1} 分别与第二选通器 802 的另一输入端 IN1 和第四选通器 804 的另一输入端 IN1 连接, PWM 控制器 101 的另一输出端 Q_{n1} 分别与第一选通器 801 的另一输入端 IN1 和第三选通器 803 的另一输入端 IN1 连接, 迟滞控制器 117 的另一输出信号 Q_{p2} 分别与第二选通器 802 的另一输入端 IN2 和第四选通器 804 的另一输入端 IN2 连接, 迟滞控制器 117 的另一输出端 Q_{n2} 分别与第一选通器 801 的另一输入端 IN2 和第三选通器 803 的另一输入端 IN2 连接。第一选通器 801 和第三选通器 803 的输出端与第一或非门 805 的两个输入端连接, 第一或非门 805 的输出端与第二反相器 806 的输入端连接, 第二反相器 806 的输出端作为控制信号选通器 116 的输出端 Q_n , 第二选通器 802 和第四选通器 804 的输出端与第二或非门 807 的两个输入端连接, 第二或非门 807 的输出端与第三反相器 808 的输入端连接, 第三反相器 808 的输出端作为控制信号选通器 116 的输出端 Q_p 。

所述的迟滞比较器 401 由运算放大器 501、比较器 502 和第一电阻 503、第二电阻 504、第三电阻 505 和第四电阻 506 组成, 数模转换器 DAC110 的输出端 V_{ref} 分别与第一电阻 503 和第三电阻 505 的一端连接, 第一电阻 503 的另一端与第二电阻 504 的一端连接, 并与运算放大器 501 的正相输入端连接, 第二电阻 504 的另一端与比较器 502 的

输出端连接, 并作为迟滞比较器的输出端 Q_{p2} , 第三电阻 505 的另一端与第四电阻 506 的一端连接, 并与运算放大器 501 的负相输入端连接, 第四电阻 506 的另一端与运算放大器 501 的输出端连接, 并与比较器 502 的正相输入端连接, 比较器 502 的反相输入端与开关电源输出端 V_{out} 连接。

所述的上升沿检测电路 408 由第一反相器延时链 601、第四反相器 602、第五反相器 612、第六反相器 614、第一与非门 603、第二与非门 611、第三与非门 613、第一 D 触发器 605 和第一电源输入 604 组成, 迟滞比较器 401 的输出端 Q_{p2} 分别与第一反相器延时链 601 的输入端和第一与非门 603 和第三与非门 613 的一个输入端连接, 第一反相器延时链 601 输出端与第四反相器 602 输入端连接, 第四反相器 602 输出端与第一与非门 603 另一输入端连接, 第一与非门 603 的输出端与第一 D 触发器 605 的时钟输入端连接, 并作为上升沿检测电路 408 的输出端 $Pulse_p$; 定时电路 403 的输出端 $Reset$ 和使能端 EN 分别与第二与非门 611 的两个输入端连接, 第二与非门 611 的输出端与第五反相器 612 的输入端连接, 第五反相器 612 输出端与第三与非门 613 的另一输入端连接, 第三与非门 613 的输出端与第六反相器 614 的输入端连接, 第六反相器 614 的输出端与第一 D 触发器 605 的使能输入端连接, 第一 D 触发器 605 的数据输入端与第一电源输入 604 连接, 第一 D 触发器 605 的输出端作为上升沿检测电路 408 的输出端 SEL_p 。

所述的下降沿检测电路 409 由第二反相器延时链 606、第七反相器 607、第八反相器 609、第三或非门 608、第四或非门 616、第四与非门 615 和第二触发器 610 组成, 迟滞比较器 401 的输出端 Q_{p2} 分别与第二反相器延时链 606 的输入端和第三或非门 608 和第四或非门 616 的一个输入端连接, 第二反相器延时链 606 的输出端与第七反相器 607 的输入端连接, 第七反相器 607 的输出端与第三或非门 608 的另一输入端连接, 第三或非门 608 的输出端与第八反相器 609 的输入端连接, 第八反相器 609 的输出端与 D 触发器 610 的时钟输入端连接, 并作为下降沿检测电路 409 的输出端 $Pulse_n$; 定时电路 403 的输出端 $Reset$ 和使能端 EN 分别与第四与非门 615 的两个输入端连接, 第四与非门 615 的输出端与第四或非门 616 的另一输入端连接, 第四或非门 616 输出端与第二 D 触发器 610 的使能输入端连接, 第二 D 触发器 610 的数据输入端与第一电源输入 604 连接, 第二 D 触发器 610 的输出端作为下降沿检测电路 409 的输出端 SEL_n 。

所述的定时电路 403 由第九反相器 701、第十反相器 709 和第十一反相器 710、第五与非门 703、第五或非门 702、第三 D 触发器 705、第四 D 触发器 706、第五 D 触发器 707、第三反相器延时链 708 和第二电源输入 704 组成。上升沿检测电路 408 的输出端 $Pulse_p$ 和下降沿检测电路 409 的输出端 $Pulse_n$ 分别与第五与非门 703 的两个输入端连接, 第五与非门 703 的输出端与第十反相器 709 的输入端连接, 第十反相器 709 的输出端与第三 D 触发器 705 的时钟输入端连接。使能端 EN 与第九反相器 701 的输入端连接, 第九反相器 701 的输出端与第五或非门 702 的一个输入端连接, 第五或非门 702 的另一输入端与第三反相器链 708 的输出端连接, 第五或非门 702 的输出端与第三 D 触发器 705 的使能输入端连接, 第三 D 触发器 705 的数据输入端与第二电源输入 704 连接, 第三 D 触发器 705 的输出端与第四 D 触发器 706 和第五 D 触发器 707 的使能输入端连接, 第四 D 触发器 706 的时钟输入端与振荡器 109 的输出端 CLK 连接, 第四 D 触发器 706 的数据输入端分别与本身的反相输出端和第五 D 触发器 707 的时钟输入端连接, 第五 D 触发器 707 的数据输入端与本身的反相输出端连接, 第五 D 触发器 707 的正相输出端分别与第十一反相器 710 的输入端和第三反相器延时链 708 输入端连接, 第十一反相器 710 的输出端作为定时电路 403 的输出端 $Reset$ 。

所述的 PWM 控制器 101 由误差放大器 103、PWM 比较器 104、RS 触发器 105、电流检测电路 107 和斜坡电流补偿电路 108 组成, 误差放大器 103 的正向输入端作为 PWM

控制器 101 的基准电压输入端, 误差放大器 103 的负向输入端作为 PWM 控制器 101 的电压反馈信号输入端, 误差放大器 103 的输出端 V_e 与 PWM 比较器 104 的正向输入端连接, 电流检测电路 107 的输入端作为 PWM 控制器 101 的电流反馈信号输入端, 电流检测电路 107 的输出端与斜坡电流补偿电路 108 的输入端连接, 斜坡补偿电路 108 的输出端 V_{sense} 与 PWM 比较器 104 的负向输入端连接, PWM 比较器 104 的输出端 PO 与 RS 触发器 105 的复位输入端 R 连接, RS 触发器 105 的置位输入端 S 作为 PWM 控制器 101 的时钟输入端, RS 触发器 105 的正相输出端和负相输出端分别作为 PWM 控制器 101 的输出端 Q_{p1} 和 Q_{n1} 。

所述的功率级 102 由 P 型功率 MOS 管 111、N 型功率 MOS 管 112、滤波电感 113、滤波电容 114、负载电阻 115 和第三电源输入 116 组成, P 型功率 MOS 管 111 的栅极作为功率级 102 的一个输入端 G_p , N 型功率 MOS 管 112 的栅极作为功率级 102 的另一输入端 G_n , P 型功率 MOS 管 111 的源极与第三电源输入端 116 连接, P 型功率 MOS 管 111 的漏极分别与 N 型功率 MOS 管 112 的漏极和滤波电感 113 的一端连接, 并作为功率级 102 的电感电流反馈输出端, N 型功率 MOS 管 112 的源极与地电位连接; 滤波电感 113 的另一端分别与滤波电容 114 的一端和负载电阻 115 的一端连接, 并作为功率级 102 的开关电源输出电压反馈输出端, 滤波电容 114 和负载电阻 115 的另一端与地电位连接。

所述的栅极信号驱动电路 106 由第六或非门 301、第七或非门 307、第六与非门 302、第七与非门 308、第十二反相器 303、第十三反相器 304、第十四反相器 306、第十五反相器 309、第一反相器驱动链 305 和第二反相器驱动链 310 组成, 第六与非门 302 的一个输入端作为栅极信号驱动电路 106 的一个输入端, 第六与非门 302 的另一输入端与第六或非门 301 的输出端连接, 第六与非门 302 的输出端与第十二反相器 303 的输入端连接, 第十二反相器 303 的输出端分别与第十三反相器 304 的输入端和第七或非门 307 的一个输入端连接, 第十三反相器 304 的输出端与第一反相器驱动链 305 的输入端连接, 第一反相器驱动链 305 的输出端与第十四反相器 306 的输入端连接, 并作为栅极信号驱动电路 106 的输出端 G_p , 第十四反相器 306 的输出端与第七或非门 307 的另一输入端连接, 第七或非门 307 的输出端与第七与非门 308 的一个输入端连接, 第七与非门 308 的另一输入端作为栅极信号驱动电路 106 的另一输入端, 第七与非门 308 的输出端与第十五反相器 309 的输入端连接, 第十五反相器 309 的输出端分别与第二反相器驱动链 310 的输入端和第六或非门 301 的一个输入端连接, 第二反相器驱动链 310 的输出端与第六或非门 301 的另一输入端连接, 并作为栅极信号驱动电路 106 的输出端 G_n 。

下面参照附图, 对本发明的具体实施例作出更为具体的说明:

参见图 1, PWM 控制器 101、栅极信号驱动电路 106、功率级 102、振荡器 109 及数模转换器 DAC110(Digital to Analog Converter)构成一个降压型开关电源。其中, PWM 控制器 101 由误差放大器 103、PWM 比较器 104、RS 触发器 105、电流检测电路 107 及斜坡电流补偿电路 108 组成。振荡器 109 为 PWM 控制器 101 提供时钟信号, 数模转换器 DAC110 为 PWM 控制器提供基准电压, 数模转换器 DAC110 产生可变的基准电压, 调节开关电源输出电压。功率级 102 包括 P 型功率 MOS 管 111、N 型功率 MOS 管 112、滤波电感 113、滤波电容 114 及负载电阻 115。

当负载电流恒定时, 开关电源输出电压稳定, 工作在 PWM 模式。在每个工作周期开始时, 振荡器 109 为低电平, 使 RS 触发器 105 置位, 输出 $Q_{p1}=1$ 、 $Q_{n1}=0$, Q_{p1} 和 Q_{n1} 输入到栅极信号驱动电路 106 产生栅极信号 $G_p=0$ 、 $G_n=0$, 从而 P 型功率 MOS 管 111 开启, N 型功率 MOS 管 112 关断, 使滤波电感 113 中电流增大。输出电压 V_{out} 反馈到误差放大器 103 的负相输入端, 与数模转换器 DAC 110 产生的输出基准电压 V_{ref} 的差值被误差放大器 103 放大, 得到控制电压 V_e 。同时, 电流检测电路 107 检测流过 P 型功率

MOS 管 111 的电流;为了抑制次谐波振荡,斜坡电流补偿电路 108 对检测电流进行补偿,得到电压 V_{sense} 。随着 P 型功率 MOS 管 111 中电流增大,电压 V_{sense} 增大,当其大于控制电压 V_e 时,PWM 比较器输出低电位,将 RS 触发器 105 复位,输出 $Q_{p1}=0$ 、 $Q_{n1}=1$, Q_{p1} 和 Q_{n1} 输入到栅极信号驱动电路 106 产生栅极信号 $G_p=1$ 、 $G_n=1$,从而 P 型功率 MOS 管 111 关断,N 型功率 MOS 管 112 开启,使滤波电感 113 中电流减小;直到下个工作周期开始,重复上述工作过程。

图 2 为栅极信号驱动电路 106。由于功率 MOS 管的尺寸很大,寄生栅电容较大,为了能够迅速的将功率 MOS 管开启或关断,需要栅极信号驱动电路 106。另外,栅极信号驱动电路 106 还能防止 P 型功率 MOS 管 111 和 N 型功率 MOS 管 112 同时导通,产生瞬间大电流,导致效率降低或功率管烧毁。利用两输入或非门 301 和 307 作为 MOS 管栅极信号的使能电路。如图 9,在 PWM 模式下,一个工作周期结束前, $Q_{p1}=0$ 、 $Q_{n1}=1$ 且 $G_p=1$ 、 $G_n=0$,P 型功率 MOS 管关断,N 型功率 MOS 管导通;下一个工作周期开始时,振荡器 109 使 RS 触发器 105 置位, $Q_{p1}=1$ 、 $Q_{n1}=0$,在 G_n 变为低电平之前,或非门 301 输出仍保持为 0,将 Q_{p1} 的信号屏蔽,无法影响 G_p ,所以只有在 N 型功率 MOS 管关断后,P 型功率 MOS 管才能够开启,两者的死区时间 t_{fd} 由逻辑门 302、303、304 和反相器驱动链 305 的延迟时间 t_{fd} 决定。同样,当 PWM 比较器 104 使 RS 触发器 105 复位后, $Q_{p1}=0$ 、 $Q_{n1}=1$,在 G_p 变为高电平之前,或非门 307 输出仍保持为 0,将 Q_{n1} 的信号屏蔽,无法影响 G_n ,即只有在 P 型功率 MOS 管关断后,N 型功率 MOS 管才能开启,两者的死区时间 t_{fd} 由逻辑门 308、309 和反相器驱动链 310 的延迟时间 t_{fd} 决定。

当负载电流发生突变后,输出电压 V_{out} 发生波动,并被反馈到误差放大器 103,误差放大器 103 的输出 V_e 发生波动;同样,负载电流的突变导致电流检测电路 107 的输出变化,从而经斜坡电流补偿电路 108 得到的电压 V_{sense} 发生变化。 V_{sense} 与误差放大器 103 的输出 V_e 相比较,得到的输出信号控制 RS 触发器 105 的工作,经过栅极信号驱动电路 106 后,改变功率 MOS 管的栅极信号,使输出电压稳定。由于从 PWM 控制环中存在误差放大器、PWM 比较器、电流检测电路和斜坡电流补偿电路等模块,导致延迟时间很长,另外受最小工作占空比的影响,产生的输出信号 Q_{p1} 和 Q_{n1} 不能够及时调节输出电压,使输出电压波动幅度很大,稳定时间很长,即开关电源的负载电流瞬态响应速度很慢。

本发明即是为了解决这个问题,参见图 3。在原有 PWM 控制器 101 的基础上增加迟滞控制器 117 和控制信号选通器 116。迟滞控制器 117 检测输出电压 V_{out} 的大小,直接将其与输出基准电压 V_{ref} 相比较,若开关电源输出电压稳定,则迟滞控制器 117 的输出端 SEL_p 和 SEL_n 均为低电位,控制信号选通器 116 的输出端 Q_p 和 Q_n 将由 PWM 控制器 101 的输出信号 Q_{p1} 和 Q_{n1} 决定,屏蔽迟滞控制器的输出信号 Q_{p2} 和 Q_{n2} ;若开关电源输出电压的波动大小超出设置的迟滞电压范围 (10~30mV),则迟滞控制器 117 的输出端 SEL_p 或 SEL_n 会输出高电位,控制信号选通器 116 起作用,控制信号选通器 116 的输出端 Q_p 和 Q_n 将由迟滞控制器的输出信号 Q_{p2} 和 Q_{n2} 决定,屏蔽 PWM 控制器 101 的输出信号 Q_{p1} 和 Q_{n1} 。当开关电源输出电压大于迟滞控制器 117 上限定值 V_H 时, Q_{p2} 由低电位跳变为高电位, Q_{n2} 由高电位跳变为低电位, SEL_p 输出高电位, SEL_n 输出低电位;当开关电源输出电压小于迟滞控制器 117 下限定值 V_L 时, Q_{p2} 由高电位跳变为低电位, Q_{n2} 由低电位跳变为高电位, SEL_p 输出低电位, SEL_n 输出高电位。当定时电路 403 工作结束后,信号 Sel_p 和 Sel_n 复位归零,控制信号选通器 116 再次将 PWM 控制器 101 的输出信号 Q_{p1} 和 Q_{n1} 传输到栅极信号驱动电路 106,而屏蔽迟滞控制器 117 的输出信号 Q_{p2} 和 Q_{n2} 。

当开关电源负载电流发生正向突变后,输出电压 V_{out} 下降。若输出电压 V_{out} 小于迟滞电压下限定值 V_L ,则迟滞控制器 117 起作用, Q_{p2} 翻转为低电位,同时其内部定时电路工作,且有 $\text{SEL}_p=1$,使得控制信号选通器 116 的输出端 Q_p 和 Q_n 将由迟滞控制器的输

出信号 $Q_{p2}=0$ 和 $Q_{n2}=1$ 决定, 经过栅极信号驱动电路 106 得到栅极信号 $G_p=0$ 和 $G_n=0$, 使 P 型功率 MOS 管开启、N 型功率 MOS 管关断, 给输出滤波电容 114 充电, 使输出电压上升; 定时电路工作结束后, SEL_p 和 SEL_n 被复位, 控制信号选通器 116 的输出端 Q_p 和 Q_n 将由 PWM 控制器 101 的输出信号 Q_{p1} 和 Q_{n1} 决定, 开关电源以 PWM 模式工作; 若输出电压再次超出迟滞控制器 117 的迟滞电压范围, 那么迟滞控制器 117 将再次起作用, 重复以上工作过程, 直到输出电压稳定。

当开关电源负载电流发生负向突变后, 输出电压 V_{out} 上升。若输出电压 V_{out} 大于迟滞电压上限定值 V_H , 则迟滞控制器 117 起作用, Q_{p2} 翻转为高电位, 同时其内部定时电路工作, 且有 $SEL_n=1$, 使得控制信号选通器 116 的输出端 Q_p 和 Q_n 将由迟滞控制器的输出信号 $Q_{p2}=1$ 和 $Q_{n2}=0$ 决定, 经过栅极信号驱动电路 106 得到栅极信号 $G_p=1$ 和 $G_n=1$, 使 P 型功率 MOS 管关断、N 型功率 MOS 管开启, 给输出滤波电容 114 放电, 使输出电压下降; 定时电路工作结束后, SEL_p 和 SEL_n 被复位, 控制信号选通器 116 的输出端 Q_p 和 Q_n 将由 PWM 控制器 101 的输出信号 Q_{p1} 和 Q_{n1} 决定, 开关电源以 PWM 模式工作; 若输出电压再次超出迟滞控制器 117 的迟滞电压范围, 那么迟滞控制器 117 将再次起作用, 重复以上工作过程, 直到输出电压稳定。

下面参见图 4, 为迟滞控制器 117 的电路框图。迟滞控制器 117 的作用为检测输出电压 V_{out} 与输出基准电压 V_{ref} 的比较关系, 其中两个输出信号 SEL_p 和 SEL_n 影响控制信号选通器 116 的工作, 当 SEL_p 或 SEL_n 为高电位, 使得控制信号选通器 116 将迟滞控制器 117 的另外两个输出信号 Q_{p2} 和 Q_{n2} 传输到栅极信号驱动电路 106, 改变功率 MOS 管栅极信号; 另外迟滞控制器 117 有工作定时功能, 当在定时结束后, 控制信号选通器 116 将 PWM 控制器 101 的输出信号 Q_{p1} 和 Q_{n1} 传输到栅极信号驱动电路 106。图 3 中迟滞控制器 117 电路框图包括迟滞比较器 401、上升沿检测电路 408、下降沿检测电路 409、定时电路 403 以及反相器 402。迟滞比较器 401 检测输出电压 V_{out} , 当输出电压 V_{out} 超出迟滞电压范围, 则迟滞比较器 401 输出 Q_{p2} 和 Q_{n2} 翻转; 而迟滞比较器 401 输出信号翻转被上升沿检测电路 408 或下降沿检测电路 409 捕获后, SEL_p 或 SEL_n 被置为高电位, 控制信号选通器 116 传输迟滞控制器 117 的控制信号 Q_{p2} 和 Q_{n2} 到栅极信号驱动电路 106, 同时定时电路 403 开始工作; 定时电路 403 工作结束后, 边沿检测电路 408 和 409 的输出 SEL_p 或 SEL_n 复位, 控制信号选通器 116 传输 PWM 控制器 101 的控制信号 Q_{p1} 和 Q_{n1} 到栅极信号驱动电路 106。EN 为边沿检测电路 408、409 和定时电路 403 的使能信号。EN 控制迟滞控制器 117 的工作状态, 若 EN 信号为 0, 则迟滞控制器 117 只是检测输出电压, 但不会影响控制信号选通器 116 的工作, 控制信号选通器 116 的输出完全由 PWM 控制器 101 的输出信号 Q_{p1} 和 Q_{n1} 决定; 若 EN 信号为 1, 则迟滞控制器 117 正常工作, 当检测到输出电压波动超过迟滞电压范围后, 会影响控制信号选通器 116 的输出。

由于输出电压 V_{out} 可通过数模转换器 DAC110 进行调节, 这需要迟滞比较器 401 具有宽的输入电压范围, 并且其中心电压跟随输出基准电压 V_{ref} 可变, 迟滞电压范围保持固定。参见图 5, 为迟滞比较器 401 的具体电路框图, 包括轨到轨输入范围运算放大器 501、轨到轨输入范围比较器 502 以及四个电阻。假设运算放大器 501 的直流增益很大, 则其正向和负向输入端具有虚短和虚断的特性。那么可以计算出运算放大器 501 的输出 V_p 的值如下:

$$V_p = \frac{(R_2 + R_3)R_1}{(R_1 + R_3)R_3} (Q_{p2} - V_{ref}) + V_{ref}$$

Q_{p2} 为比较器 502 的输出, 其值为地电位或输入电源电压 VCC, 那么可以得到迟滞比较器 401 的上限定值 V_H 、下限定值 V_L 和迟滞电压范围大小 V_d , 如下:

$$V_H = \frac{(R_2 + R_3)R_1}{(R_1 + R_3)R_3}(V_{CC} - V_{ref}) + V_{ref}$$

$$V_L = [1 - \frac{(R_2 + R_3)R_1}{(R_1 + R_3)R_3}]V_{ref}$$

$$V_d = V_H - V_L = \frac{(R_2 + R_3)R_1}{(R_1 + R_3)R_3}V_{CC}$$

根据上面的公式和设计指标，可以选择合适的电阻值，得到所需的迟滞电压范围。举个例子，设置 $R_3=R_2$ 、 $R_1=659R_2$ ， $V_{CC}=3.3V$ ，那么可以计算得到 $\Delta V=10mV$ 。而迟滞比较器 401 的中心电压 V_{center} 为：

$$V_{center} = \frac{329}{330}V_{ref} + 5mV \approx V_{ref}$$

从上式可见，迟滞比较器 401 的中心电压可跟随输出基准电压 V_{ref} 变化，而迟滞电压范围基本保持不变。当输出电压 V_{out} 低于迟滞比较器 401 的下限定值 V_L ，迟滞比较器 401 输出 Q_{p2} 从低电位翻转到高电位，并保持在高电位；当输出电压 V_{out} 高于迟滞比较器 401 的上限定值 V_H ，迟滞比较器 401 的输出 Q_{p2} 从高电位翻转到低电位，并保持在低电位，除非输出电压 V_{out} 再次低于迟滞比较器 401 的下限定值 V_L 。

由于只有迟滞比较器输出电压的翻转才能直接表明输出电压 V_{out} 与输出基准电压 V_{ref} 的关系，需要边沿检测电路来确定输出电压 V_{out} 和输出基准电压 V_{ref} 的关系，并作出相应的动作。参见图 6，上方为上升沿检测电路 408，下方为下降沿检测电路 409，其中上升沿检测电路 408 包括反相器延时链 601、D 触发器 605、若干逻辑门及输入电源电压端 604，下降沿检测电路 409 包括反相器延时链 606、D 触发器 610、若干逻辑门及输入电源电压端 604。 Q_{p2} 为迟滞电压比较器 401 的输出端，EN 为迟滞控制器 117 的使能信号，Reset 为定时电路 403 输出的迟滞控制器复位信号。

当 EN 和 Reset 为高电位，边沿检测电路 408、409 均处于有效状态。如图 10 的波形图所示，当输出电压 V_{out} 高于迟滞电压比较器 401 上限定值 V_H ， Q_{p2} 由低电位跳变到高电位时，由于反相器延时链 601 的作用，反相器 602 的输出端在一个延迟后由高电位跳变到低电位，从而两输入与非门 603 输出一个负脉冲 $Pulse_p$ ，脉冲宽度即为反相器延时链 601 的延迟时间 t_d ；负脉冲的上升沿触发 D 触发器 605，使其输出 Sel_p 为高电位。当输出电压 V_{out} 低于迟滞电压比较器 401 下限定值 V_L ， Q_{p2} 由高电位跳变到低电位时，由于反相器延时链 606 的作用，反相器 607 的输出端在一个延迟后由低电位跳变到高电位，从而在两输入或非门 608 输出端产生一个正脉冲，脉冲宽度即为反相器延时链 606 的延迟时间 t_d ；经过反相器 609 后，正脉冲转换为负向脉冲 $Pulse_n$ ，其上升沿触发 D 触发器 610，使输出 Sel_n 为高电位。

边沿检测电路 408 或 409 的输出信号 Sel_p 或 Sel_n 置为高电位，将会改变控制信号选通器 116 的输出，使其传输迟滞控制器 117 的输出信号 Q_{p2} 和 Q_{n2} ，而屏蔽 PWM 控制器 101 的输出信号 Q_{p1} 和 Q_{n1} 。边沿检测电路 408 或 409 产生负脉冲 $Pulse_p$ 或 $Pulse_n$ 时，定时电路 403 同时启动。当定时电路 403 工作结束后， Sel_p 和 Sel_n 被复位清零。此时控制信号选通器 116 重新传输 PWM 控制器 101 的输出信号 Q_{p1} 和 Q_{n1} ，而屏蔽迟滞控制器 117 的输出信号 Q_{p2} 和 Q_{n2} 。参见图 7，为定时电路 403 的电路框图。当 EN 信号为高电位时，两输入或非门 702 输出高电位，定时电路处于有效状态。D 触发器 705 的时钟输入端信号由边沿检测电路 408 和 409 的输出信号 $Pulse_p$ 和 $Pulse_n$ 决定。当上升沿检测电路 408 或下降沿检测电路 409 检测到迟滞比较器 401 的上升沿或下降沿后， $Pulse_p$ 或 $Pulse_n$ 将输出负脉冲信号，那么反相器 709 的输出端产生负脉冲，其上升沿使触发器 705

输出端为高电位,从而 D 触发器 706 的使能端有效。D 触发器 706 和 707 连接为一个四分频计数电路,其时钟输入端信号由振荡器提供。当振荡器时钟信号 CLK 产生两个上升沿后, D 触发器 706 和 707 构成的四分频计数电路输出 10,即 D 触发器 707 的输出端 Q 翻转为高电位,反相器 710 输出端 Reset 翻转为低电位,使迟滞控制器 117 的电路复位;经过反相器延时链 708 的延迟时间 t_d 后,定时电路 403 也复位,等待下一个 $Pulse_p$ 或 $Pulse_n$ 的触发信号才能再次工作。所以,迟滞控制器 117 工作的时间由定时电路 403 决定,为 T_p 或 T_n ,如图 10 所示。

根据上面的分析可知,控制信号选通器 116 的输出信号 Q_p 和 Q_n 由 PWM 控制器 101 的输出信号 Q_{p1} 、 Q_{n1} 和迟滞控制器 117 的输出信号 Q_{p2} 、 Q_{n2} 共同决定。参见图 8,为控制信号选通器 116 的电路框图,其中模块 801、802、803 和 804 为二选一选通器。对于这些选通器,当 $SEL=0$ 时, $Out=IN1$; 当 $SEL=1$ 时, $Out=IN2$ 。

当开关电源输出电压稳定时, $SEL_n=SEL_p=0$, 控制信号选通器 116 的输出信号 $Q_p=Q_{p1}$ 、 $Q_n=Q_{n1}$, 由 PWM 控制器 101 决定。

根据前面的分析可知,如图 11,当开关电源负载电流 I_{out} 发生正向突变,输出电压下降,迟滞比较器 401 的输出从低电位跳变到高电位 $Q_{p2}=1$ 、 $Q_{n2}=0$,上升沿检测电路 408 输出信号 $SEL_p=1$,而下降沿检测电路 409 输出信号 $SEL_n=0$,经过控制信号选通器 116 后,输出信号 $Q_p=1$ 、 $Q_n=Q_{n1}$; $Q_p=1$ 经过栅极信号驱动电路 116 后, P 型功率 MOS 管 111 栅极信号 $G_p=0$, N 型功率 MOS 管 112 栅极信号 $G_n=0$,电源电压通过 P 型功率 MOS 管 111 和电感 113 给输出滤波电容 114 充电,使输出电压上升。定时电路 403 工作时间 T_p 后,迟滞控制器 117 被复位, $SEL_n=SEL_p=0$, 控制信号选通器 116 的输出信号 $Q_p=Q_{p1}$ 、 $Q_n=Q_{n1}$, 由 PWM 控制器 101 决定。

当开关电源负载电流 I_{out} 发生负向突变,输出电压上升,迟滞比较器 401 的输出从高电位跳变到低电位 $Q_{p2}=0$ 、 $Q_{n2}=1$,上升沿检测电路 408 输出信号 $SEL_p=0$,而下降沿检测电路 409 输出信号 $SEL_n=1$,经过控制信号选通器 116 后,输出信号 $Q_p=Q_{p1}$ 、 $Q_n=1$; $Q_n=1$ 经过栅极信号驱动电路 116 后, P 型功率 MOS 管 111 栅极信号 $G_p=1$, N 型功率 MOS 管 112 栅极信号 $G_n=1$,输出滤波电容 114 通过 N 型功率 MOS 管 112 和电感 113 放电,使输出电压下降。定时电路 403 工作时间 T_n 后,迟滞控制器 117 被复位, $SEL_n=SEL_p=0$, 控制信号选通器 116 的输出信号 $Q_p=Q_{p1}$ 、 $Q_n=Q_{n1}$, 由 PWM 控制器 101 决定。

根据以上分析,本发明的开关电源对负载电流突变的瞬态响应速度得到提高。利用迟滞控制器无补偿、延迟时间短的特点,在负载电流发生突变,输出电压波动时,用迟滞控制器代替 PWM 控制器来调节输出电压,减小其波动幅度、缩短其稳定时间。

一款峰值电流型 BUCK 开关电源,其控制电路框图如图 1。开关电源开关频率 2MHz,输入电压 IN 范围 2.7V~3.5V,6 位数模转换器 DAC 作为输出基准电压,输出电压 V_{out} 范围 0.725V~1.8V,步长为 25mV,负载电流 I_{out} 范围 0~500mA。

如图 12 所示,当输入电压 IN 为 3.3V,输出电压 V_{out} 为 1.4V 时,负载电流 I_{out} 从 465mA 跳变到 140.5mA,开关电源对负载电流突变的瞬态响应,输出电压的波动幅度 ΔV 为 28.23mV,稳定时间 Δt 为 7.634us。

利用本发明在峰值电流型 BUCK 开关电源改善负载电流瞬态响应,电路框图如图 3。通过设定迟滞比较器 4 个电阻的大小,决定迟滞比较器迟滞电压范围,令 $R_3=R_2=1K$ 欧、 $R_1=659R_2=659K$ 欧, $VCC=3.3V$,得到迟滞电压范围 $V_d=10mV$ 。

如图 13 所示,当输入电压 IN 为 3.3V,输出电压 V_{out} 为 1.4V 时,负载电流 I_{out} 从 465mA 跳变到 140.5mA,利用本发明的开关电源对负载电流突变的瞬态响应,输出电压波动幅度 ΔV 为 13.56mV,稳定时间 Δt 为 1.507us。与原开关电源的瞬态响应相比,输出电压波动幅度和稳定时间都大大减小。

权利要求书

1、一种具有快速瞬态响应的开关电源，包括：含有电感（113）的功率级（102）、PWM 控制器（101）及栅极信号驱动电路（106），在 PWM 控制器（101）的基准电压输入端上连接有用于产生基准电压的数模转换器（110），在 PWM 控制器（101）的时钟信号输入端上连接有用于产生时钟信号的振荡器（109），所述功率级（102）的输出端与 PWM 控制器（101）的以开关电源输出电压为反馈信号的电压反馈信号输入端连接，所述 PWM 控制器（101）用于采集功率级（102）中电感（113）的电流信号并将所采集到的电流信号作为 PWM 控制器（101）的电流反馈信号输入端的输入信号，所述栅极信号驱动电路（106）的一个输出端与功率级（102）的一个输入端连接，所述栅极信号驱动电路（106）的另一输出端与功率级（102）的另一输入端连接，功率级（102）的输出端作为开关电源的输出端，其特征在于，所述开关电源还包括迟滞控制器（117）和控制信号选通器（116），所述控制信号选通器（116）的一个输出端与栅极信号驱动电路（106）的一个输入端连接，所述控制信号选通器（116）的另一输出端与栅极信号驱动电路（106）的另一输入端连接，所述迟滞控制器（117）的基准电压输入端与数模转换器（110）的基准电压输出端连接，所述迟滞控制器（117）的时钟信号输入端与振荡器（109）的时钟信号输出端连接，所述迟滞控制器（117）以开关电源的输出电压作为迟滞控制器（117）的输入电压输至迟滞控制器（117）的电压信号输入端，迟滞控制器（117）用于检测开关电源输出电压的大小，将其与基准电压相比较，若开关电源输出电压在所设置的迟滞电压范围内，则迟滞控制器（117）的输出端（SEL_p）和输出端（SEL_n）均为低电位，控制信号选通器（116）选择 PWM 控制器（101）的输出信号（Q_{p1}）和输出信号（Q_{n1}）作为栅极信号驱动电路（106）的输入信号，所述迟滞电压范围是基准电压±（10~30mV）；若开关电源输出电压的波动大小超出设置的迟滞电压范围，则迟滞控制器（117）的输出端（SEL_p）或输出端（SEL_n）输出高电位，控制信号选通器（116）选择迟滞控制器的输出信号（Q_{p2}）和输出信号（Q_{n2}）作为栅极信号驱动电路（106）的输入信号。

2、根据权利要求 1 所述的具有快速瞬态响应的开关电源，其特征在于迟滞控制器（117）由迟滞比较器（401）、第一反相器（402）、定时电路（403）、上升沿检测电路（408）和下降沿检测电路（409）组成，开关电源输出端与迟滞比较器（401）的负相输入端连接，数模转换器 DAC（110）的输出端与迟滞比较器（401）的正相输入端连接，迟滞比较器（401）的输出端分别与第一反相器（402）的输入端、上升沿检测电路（408）的一个输入端和下降沿检测电路（409）的一个输入端连接，并作为迟滞控制器（117）的输出端（Q_{p2}），第一反相器（402）的输出端作为迟滞控制器（117）的输出端（Q_{n2}），上升沿检测电路（408）的另外两个输入端分别与定时电路（403）的输出端（Reset）和使能端（EN）连接，上升沿检测电路（408）的一个输出端（Pulse_p）与定时电路（403）的一个输入端连接，上升沿检测电路（408）的另一输出端作为迟滞控制器（117）的输出端（SEL_p），下降沿检测电路（409）的另外两个输入端分别与定时电路（403）的输出端（Reset）和使能端（EN）连接，下降沿检测电路（409）的输出端（Pulse_n）与定时电路（403）的另一个输入端连接，下降沿检测电路（409）的另一输出端作为迟滞控制器（117）的输出端（SEL_n），定时电路（403）的时钟信号输入端和使能信号输入端分别作为迟滞控制器（117）的时钟信号输入端和使能信号输入端。

3、根据权利要求 1 所述的具有快速瞬态响应的开关电源，其特征在于控制信号选通器（116）由第一选通器（801）、第二选通器（802）、第三选通器（803）、第四选通器（804）、第一或非门（805）、第二或非门（807）、第二反相器（806）和第三反相器（808）组成。迟滞控制器（117）的输出端（SEL_n）分别与第三选通器（803）的一个输入端（SEL）和第

四选通器(804)的一个输入端(SEL)连接,迟滞控制器(117)的另一输出端(SEL_p)分别与第一选通器(801)的一个输入端(SEL)和第二选通器(802)一个输入端(SEL)连接,PWM控制器(101)的输出端(Q_{p1})分别与第二选通器(802)的另一输入端(IN1)和第四选通器(804)的另一输入端(IN1)连接,PWM控制器(101)的另一输出端(Q_{n1})分别与第一选通器(801)的另一输入端(IN1)和第三选通器(803)的另一输入端(IN1)连接,迟滞控制器(117)的另一输出信号(Q_{p2})分别与第二选通器(802)的另一输入端(IN2)和第四选通器(804)的另一输入端(IN2)连接,迟滞控制器(117)的另一输出端(Q_{n2})分别与第一选通器(801)的另一输入端(IN2)和第三选通器(803)的另一输入端(IN2)连接。第一选通器(801)和第三选通器(803)的输出端与第一或非门(805)的两个输入端连接,第一或非门(805)的输出端与第二反相器(806)的输入端连接,第二反相器(806)的输出端作为控制信号选通器(116)的输出端(Q_n),第二选通器(802)和第四选通器(804)的输出端与第二或非门(807)的两个输入端连接,第二或非门(807)的输出端与第三反相器(808)的输入端连接,第三反相器(808)的输出端作为控制信号选通器(116)的输出端(Q_p)。

4、根据权利要求2所述的具有快速瞬态响应的开关电源,其特征在于迟滞比较器(401)由运算放大器(501)、比较器(502)和第一电阻(503)、第二电阻(504)、第三电阻(505)和第四电阻(506)组成,数模转换器DAC(110)的输出端(V_{ref})分别与第一电阻(503)和第三电阻(505)的一端连接,第一电阻(503)的另一端与第二电阻(504)的一端连接,并与运算放大器(501)的正相输入端连接,第二电阻(504)的另一端与比较器(502)的输出端连接,并作为迟滞比较器的输出端(Q_{p2}),第三电阻(505)的另一端与第四电阻(506)的一端连接,并与运算放大器(501)的负相输入端连接,第四电阻(506)的另一端与运算放大器(501)的输出端连接,并与比较器(502)的正相输入端连接,比较器(502)的反相输入端与开关电源输出端(V_{out})连接。

5、根据权利要求2所述的具有快速瞬态响应的开关电源,其特征在于上升沿检测电路(408)由第一反相器延时链(601)、第四反相器(602)、第五反相器(612)、第六反相器(614)、第一与非门(603)、第二与非门(611)、第三与非门(613)、第一D触发器(605)和第一电源输入(604)组成,迟滞比较器(401)的输出端(Q_{p2})分别与第一反相器延时链(601)的输入端和第一与非门(603)和第三与非门(613)的一个输入端连接,第一反相器延时链(601)的输出端与第四反相器(602)的输入端连接,第四反相器(602)输出端与第一与非门(603)的另一输入端连接,第一与非门(603)的输出端与第一D触发器(605)的时钟输入端连接,并作为上升沿检测电路(408)的输出端(Pulse_p);定时电路(403)的输出端(Reset)和使能端(EN)分别与第二与非门(611)的两个输入端连接,第二与非门(611)的输出端与第五反相器(612)的输入端连接,第五反相器(612)输出端与第三与非门(613)的另一输入端连接,第三与非门(613)的输出端与第六反相器(614)的输入端连接,第六反相器(614)的输出端与第一D触发器(605)的使能输入端连接,第一D触发器(605)的数据输入端与第一电源输入(604)连接,第一D触发器(605)的输出端作为上升沿检测电路(408)的输出端(SEL_p)。

6、根据权利要求2所述的具有快速瞬态响应的开关电源,其特征在于下降沿检测电路(409)由第二反相器延时链(606)、第七反相器(607)、第八反相器(609)、第三或非门(608)、第四或非门(616)、第四与非门(615)和第二触发器(610)组成,迟滞比较器(401)的输出端(Q_{p2})分别与第二反相器延时链(606)的输入端和第三或非门(608)和第四或

非门(616)的一个输入端连接,第二反相器延时链(606)的输出端与第七反相器(607)的输入端连接,第七反相器(607)的输出端与第三或非门(608)的另一输入端连接,第三或非门(608)的输出端与第八反相器(609)的输入端连接,第八反相器(609)的输出端与D触发器(610)的时钟输入端连接,并作为下降沿检测电路(409)的输出端(Pulse_n);定时电路(403)的输出端(Reset)和使能端(EN)分别与第四与非门(615)的两个输入端连接,第四与非门(615)的输出端与第四或非门(616)的另一输入端连接,第四或非门(616)输出端与第二D触发器(610)的使能输入端连接,第二D触发器(610)的数据输入端与第一电源输入(604)连接,第二D触发器(610)的输出端作为下降沿检测电路(409)的输出端(SEL_n)。

7、根据权利要求2所述的具有快速瞬态响应的开关电源,其特征在于定时电路(403)由第九反相器(701)、第十反相器(709)和第十一反相器(710)、第五与非门(703)、第五或非门(702)、第三D触发器(705)、第四D触发器(706)、第五D触发器(707)、第三反相器延时链(708)和第二电源输入(704)组成。上升沿检测电路(408)的输出端(Pulse_p)和下降沿检测电路(409)的输出端(Pulse_n)分别与第五与非门(703)的两个输入端连接,第五与非门(703)的输出端与第十反相器(709)的输入端连接,第十反相器(709)的输出端与第三D触发器(705)的时钟输入端连接。使能端(EN)与第九反相器(701)的输入端连接,第九反相器(701)的输出端与第五或非门(702)的一个输入端连接,第五或非门(702)的另一输入端与第三反相器链(708)的输出端连接,第五或非门(702)的输出端与第三D触发器(705)的使能输入端连接,第三D触发器(705)的数据输入端与第二电源输入(704)连接,第三D触发器(705)的输出端与第四D触发器(706)和第五D触发器(707)的使能输入端连接,第四D触发器(706)的时钟输入端与振荡器(109)的输出端(CLK)连接,第四D触发器(706)的数据输入端分别与本身的反相输出端和第五D触发器(707)的时钟输入端连接,第五D触发器(707)的数据输入端与本身的反相输出端连接,第五D触发器(707)的正相输出端分别与第十一反相器(710)的输入端和第三反相器延时链(708)输入端连接,第十一反相器(710)的输出端作为定时电路(403)的输出端(Reset)。

8、根据权利要求1所述的具有快速瞬态响应的开关电源,其特征在于PWM控制器(101)由误差放大器(103)、PWM比较器(104)、RS触发器(105)、电流检测电路(107)和斜坡电流补偿电路(108)组成,误差放大器(103)的正向输入端作为PWM控制器(101)的基准电压输入端,误差放大器(103)的负向输入端作为PWM控制器(101)的电压反馈信号输入端,误差放大器(103)的输出端(V_e)与PWM比较器(104)的正向输入端连接,电流检测电路(107)的输入端作为PWM控制器(101)的电流反馈信号输入端,电流检测电路(107)的输出端与斜坡电流补偿电路(108)的输入端连接,斜坡补偿电路(108)的输出端(V_{sense})与PWM比较器(104)的负向输入端连接,PWM比较器(104)的输出端(PO)与RS触发器(105)的复位输入端(R)连接,RS触发器(105)的置位输入端(S)作为PWM控制器(101)的时钟输入端,RS触发器(105)的正相输出端和负相输出端分别作为PWM控制器(101)的输出端(Q_{p1})和输出端(Q_{n1})。

9、根据权利要求1所述的具有快速瞬态响应的开关电源,其特征在于功率级(102)由P型功率MOS管(111)、N型功率MOS管(112)、滤波电感(113)、滤波电容(114)、负载电阻(115)和第三电源输入(116)组成,P型功率MOS管(111)的栅极作为功率级(102)的一个输入端(G_p),N型功率MOS管(112)的栅极作为功率级(102)的另一输入端(G_n),

P 型功率 MOS 管 (111) 的源极与第三电源输入端 (116) 连接, P 型功率 MOS 管 (111) 的漏极分别与 N 型功率 MOS 管 (112) 的漏极和滤波电感 (113) 的一端连接, 并作为功率级 (102) 的电感电流反馈输出端, N 型功率 MOS 管 (112) 的源极与地电位连接; 滤波电感 (113) 的另一端分别与滤波电容 (114) 的一端和负载电阻 (115) 的一端连接, 并作为功率级 (102) 的开关电源输出电压反馈输出端, 滤波电容 (114) 和负载电阻 (115) 的另一端与地电位连接。

10、根据权利要求 1 所述的具有快速瞬态响应的开关电源, 其特征在于栅极信号驱动电路 (106) 由第六或非门 (301)、第七或非门 (307)、第六与非门 (302)、第七与非门 (308)、第十二反相器 (303)、第十三反相器 (304)、第十四反相器 (306)、第十五反相器 (309)、第一反相器驱动链 (305) 和第二反相器驱动链 (310) 组成, 第六与非门 (302) 的一个输入端作为栅极信号驱动电路 (106) 的一个输入端, 第六与非门 (302) 的另一输入端与第六或非门 (301) 的输出端连接, 第六与非门 (302) 的输出端与第十二反相器 (303) 的输入端连接, 第十二反相器 (303) 的输出端分别与第十三反相器 (304) 的输入端和第七或非门 (307) 的一个输入端连接, 第十三反相器 (304) 的输出端与第一反相器驱动链 (305) 的输入端连接, 第一反相器驱动链 (305) 的输出端与第十四反相器 (306) 的输入端连接, 并作为栅极信号驱动电路 (106) 的输出端 (G_p), 第十四反相器 (306) 的输出端与第七或非门 (307) 的另一输入端连接, 第七或非门 (307) 的输出端与第七与非门 (308) 的一个输入端连接, 第七与非门 (308) 的另一输入端作为栅极信号驱动电路 (106) 的另一输入端, 第七与非门 (308) 的输出端与第十五反相器 (309) 的输入端连接, 第十五反相器 (309) 的输出端分别与第二反相器驱动链 (310) 的输入端和第六或非门 (301) 的一个输入端连接, 第二反相器驱动链 (310) 的输出端与第六或非门 (301) 的另一输入端连接, 并作为栅极信号驱动电路 (106) 的输出端 (G_n)。

附图

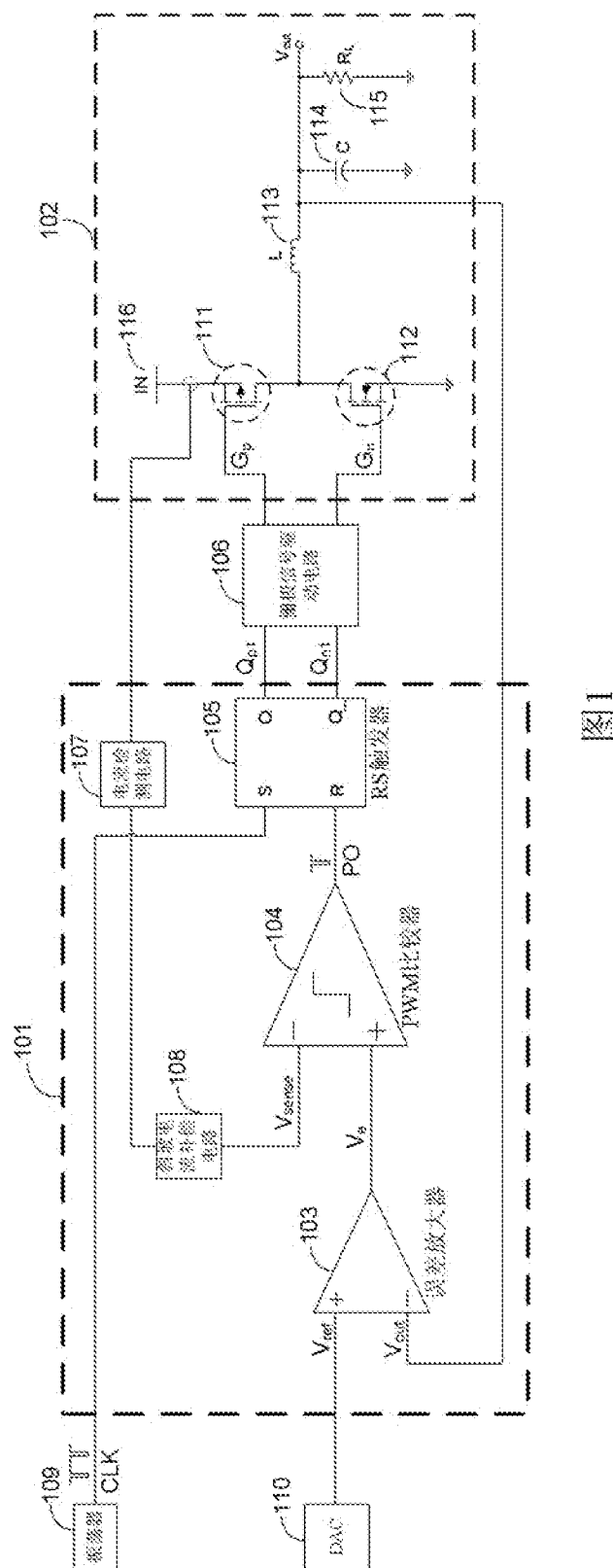


图 1

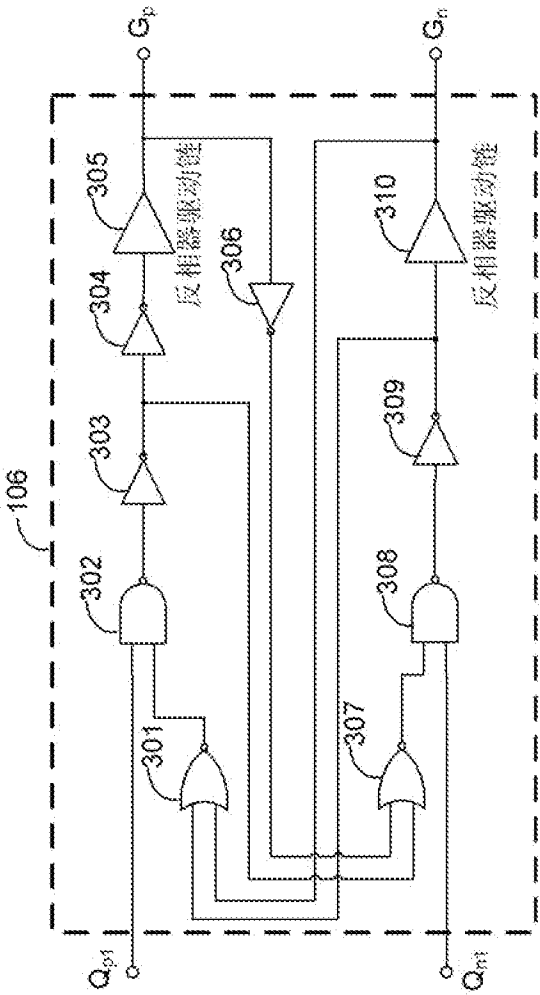
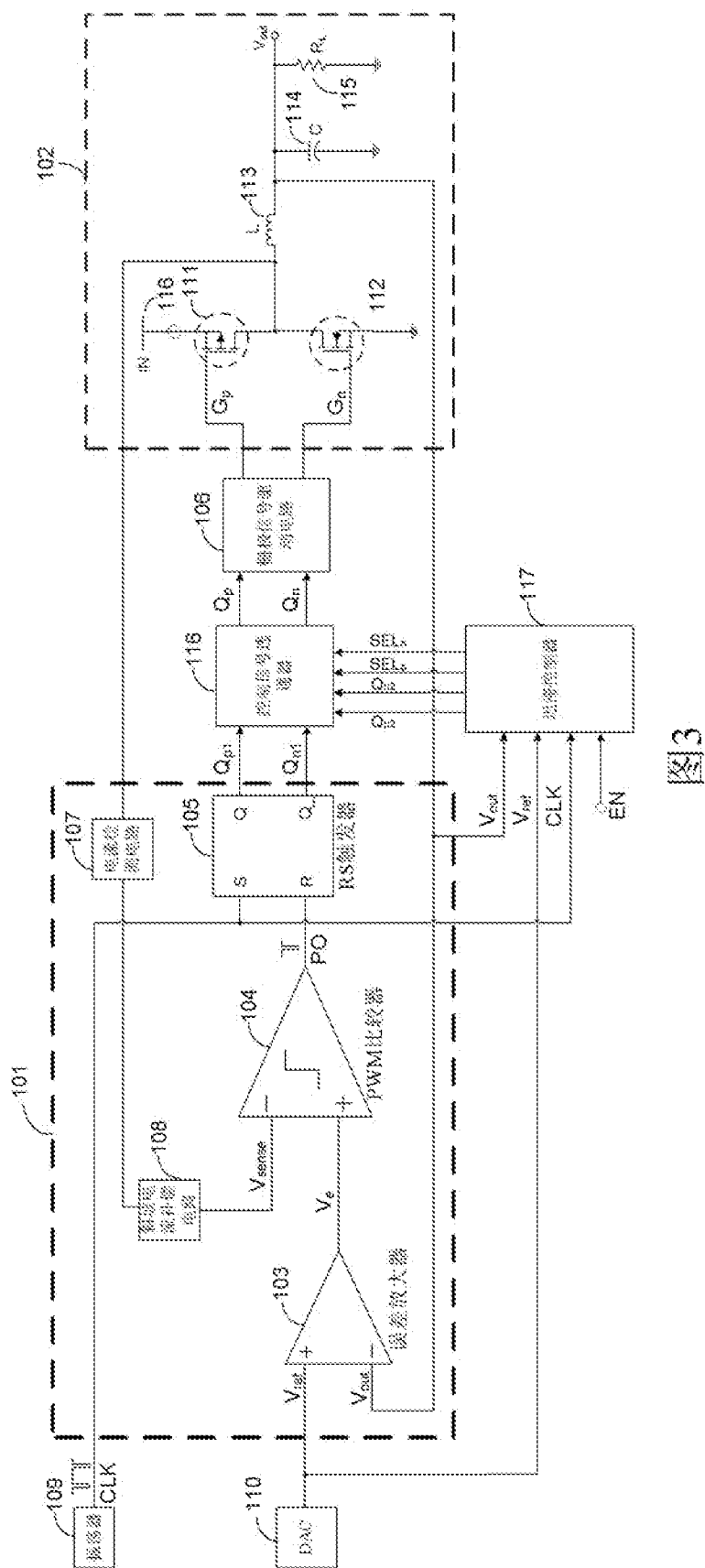


图2



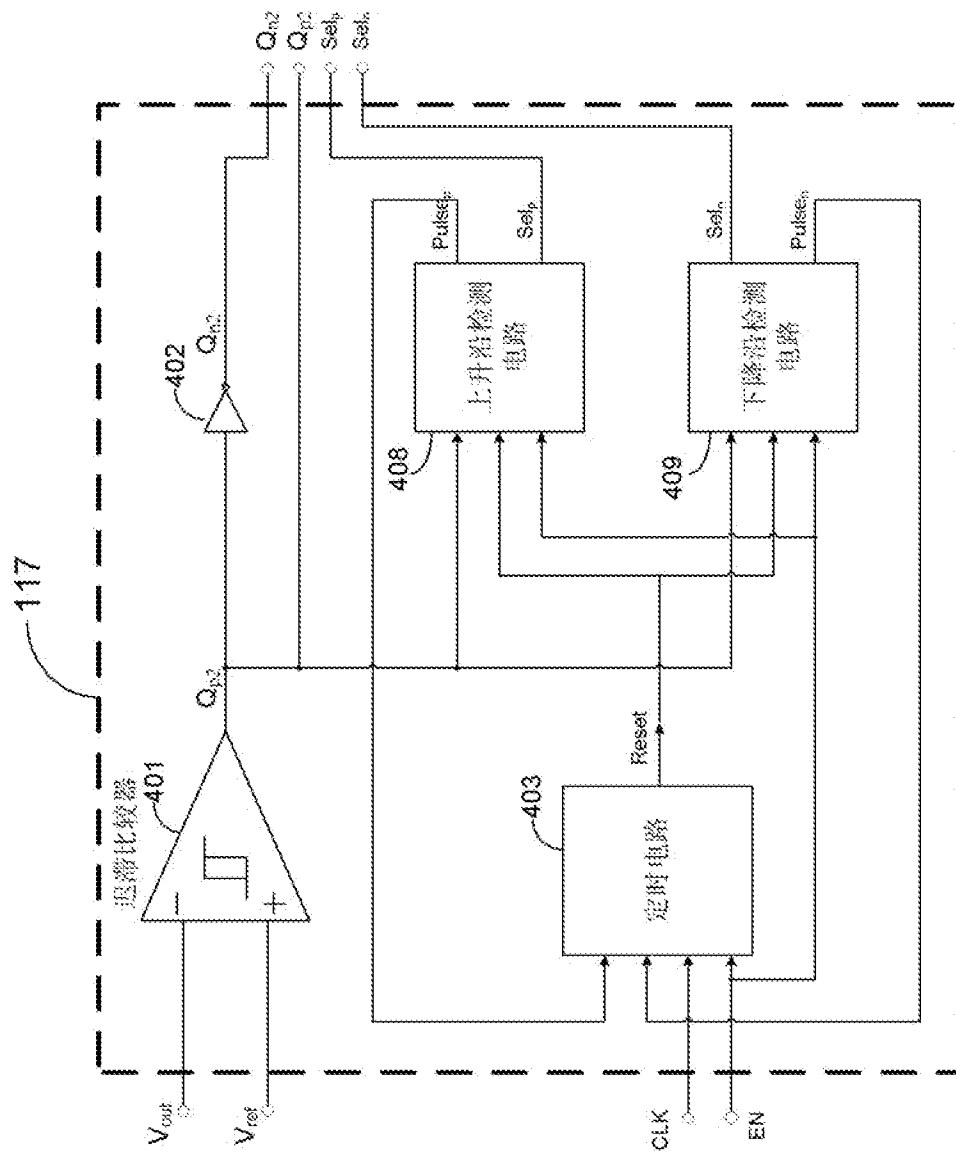


图 4

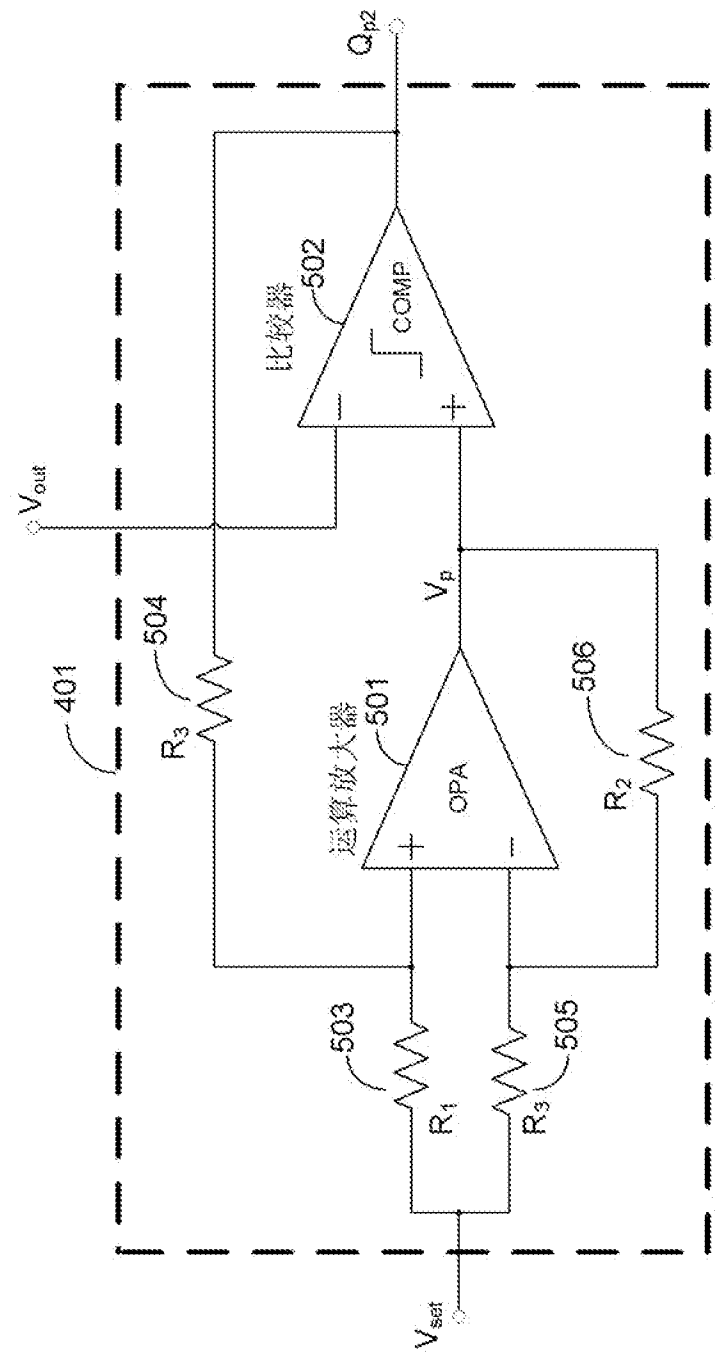
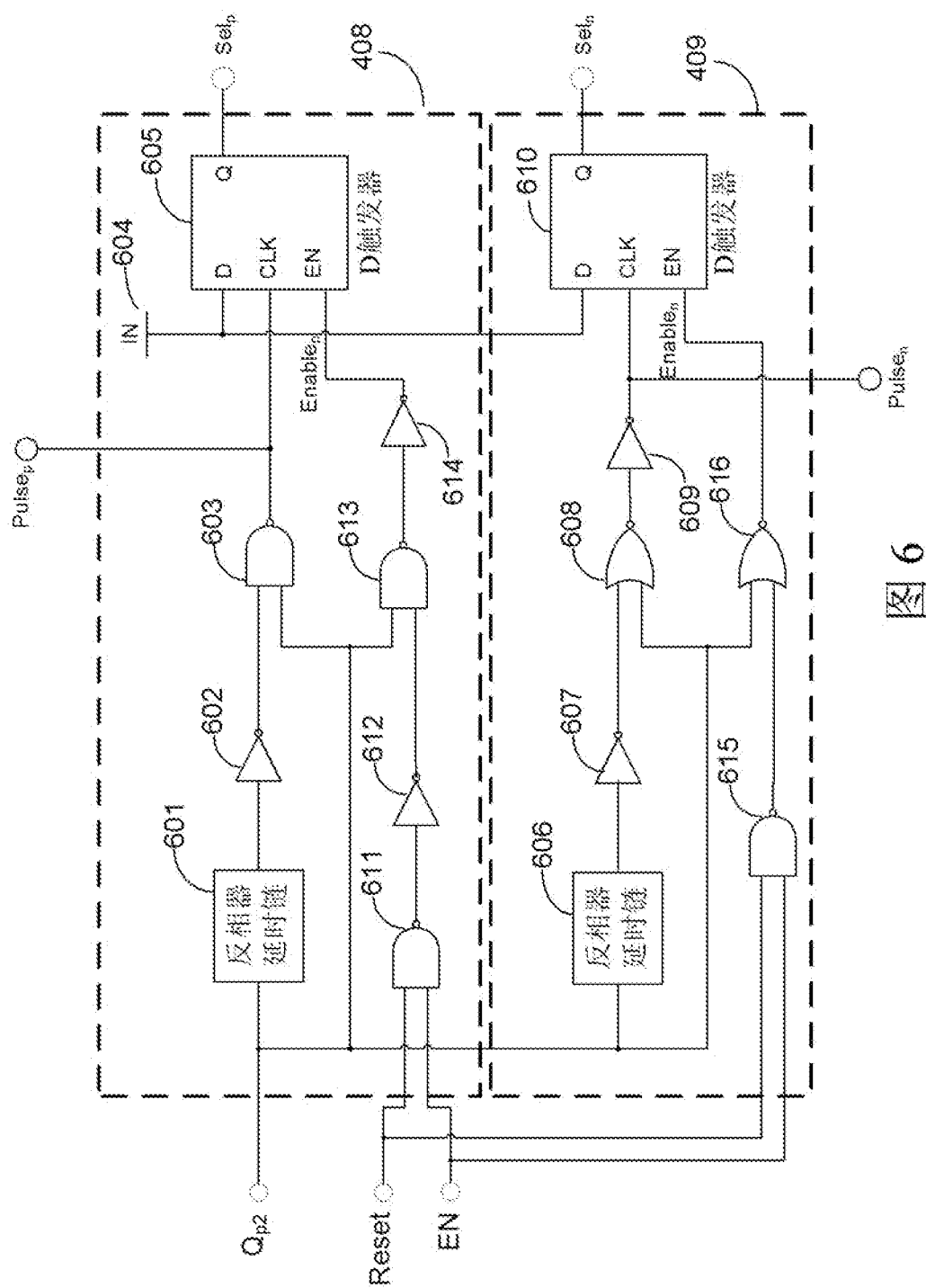


图 5



6

10

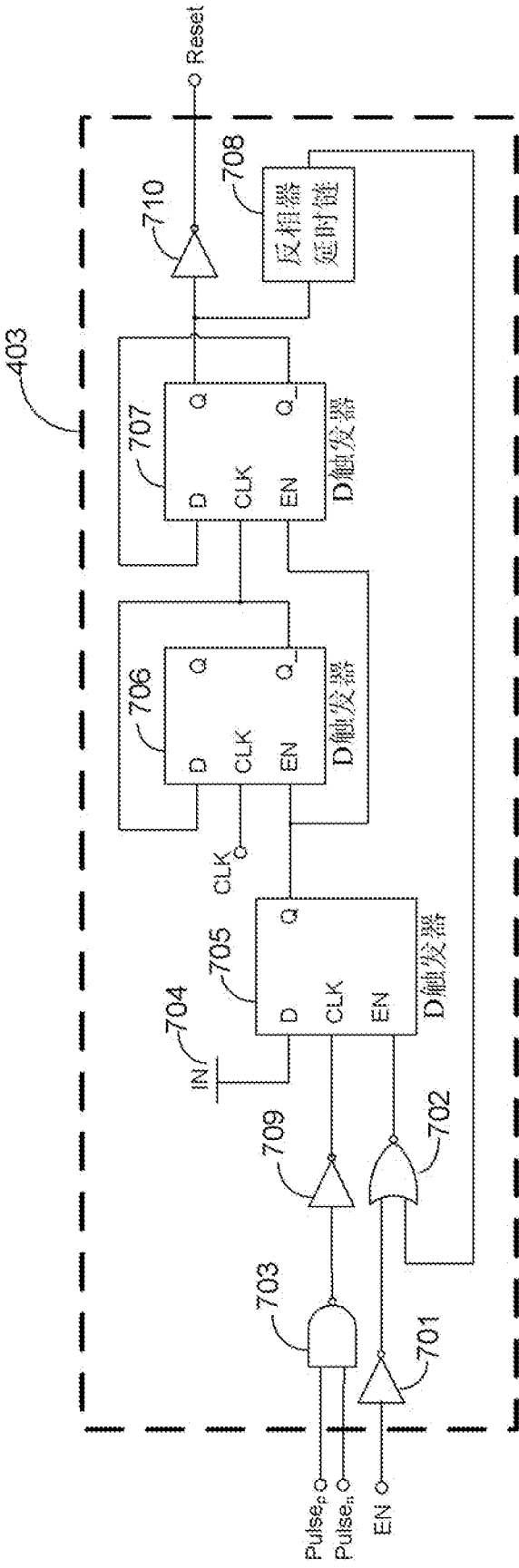


图 7

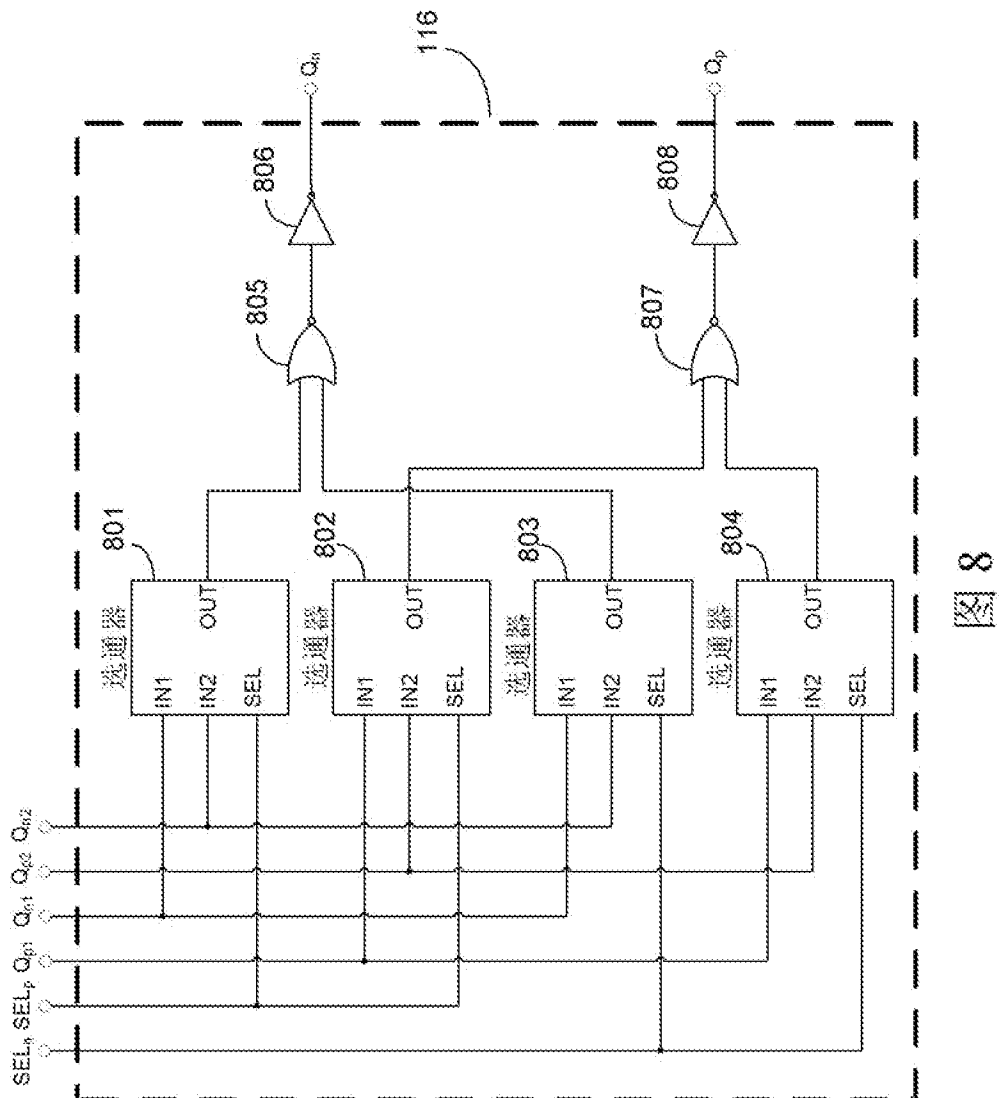


图 8

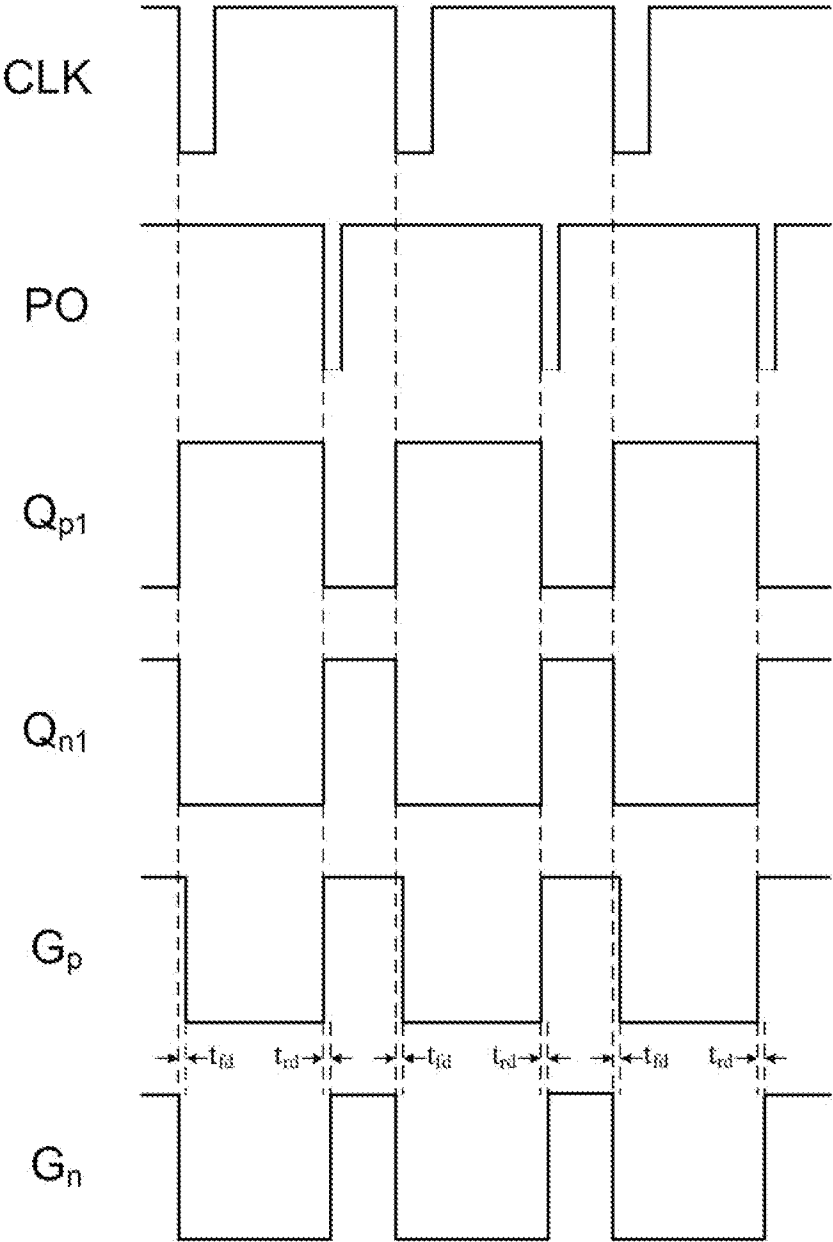


图9

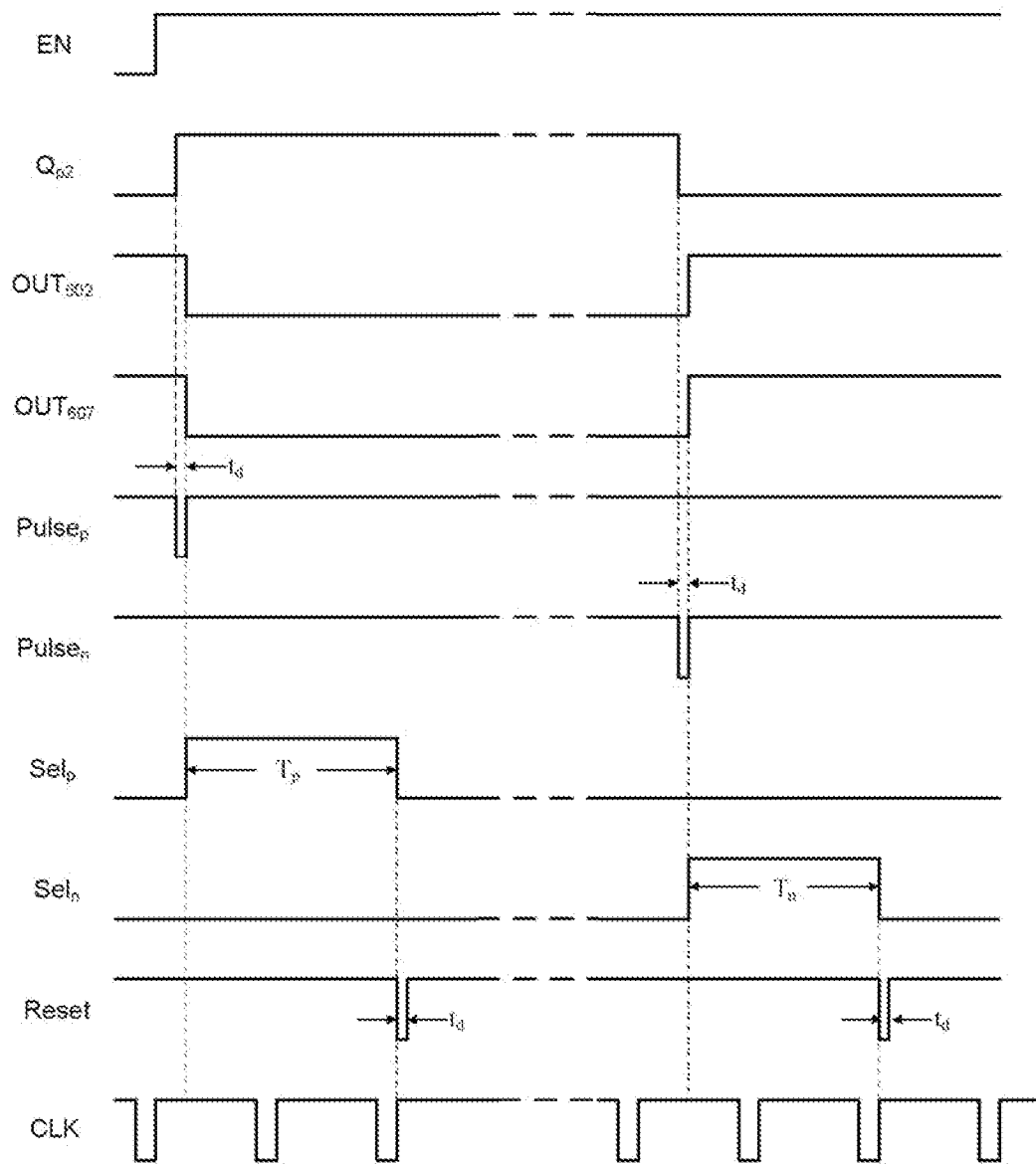


图10

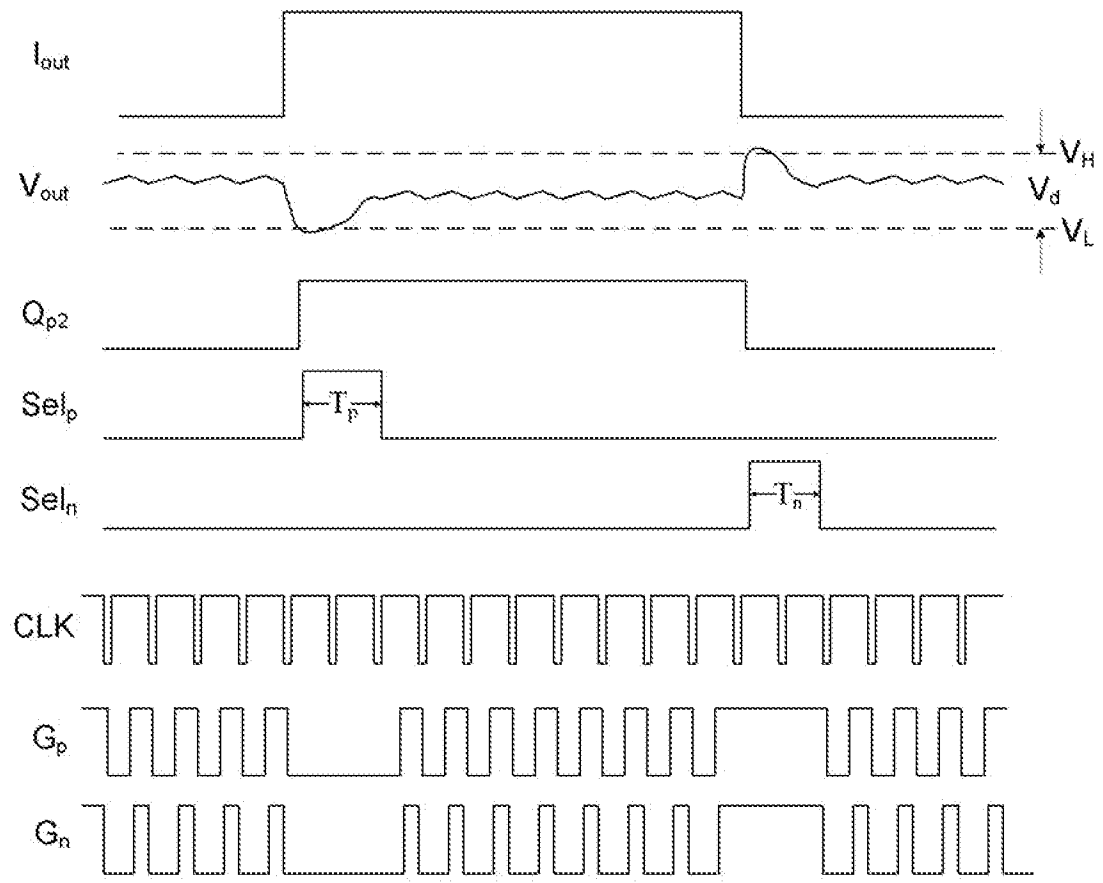


图 11

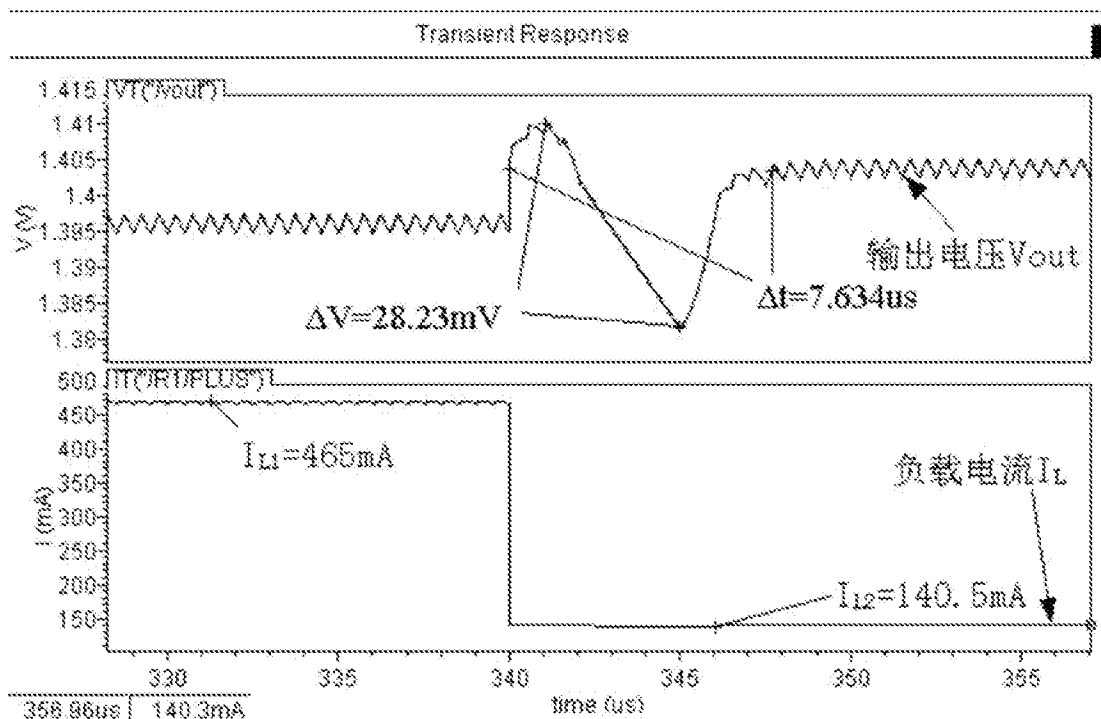


图 12

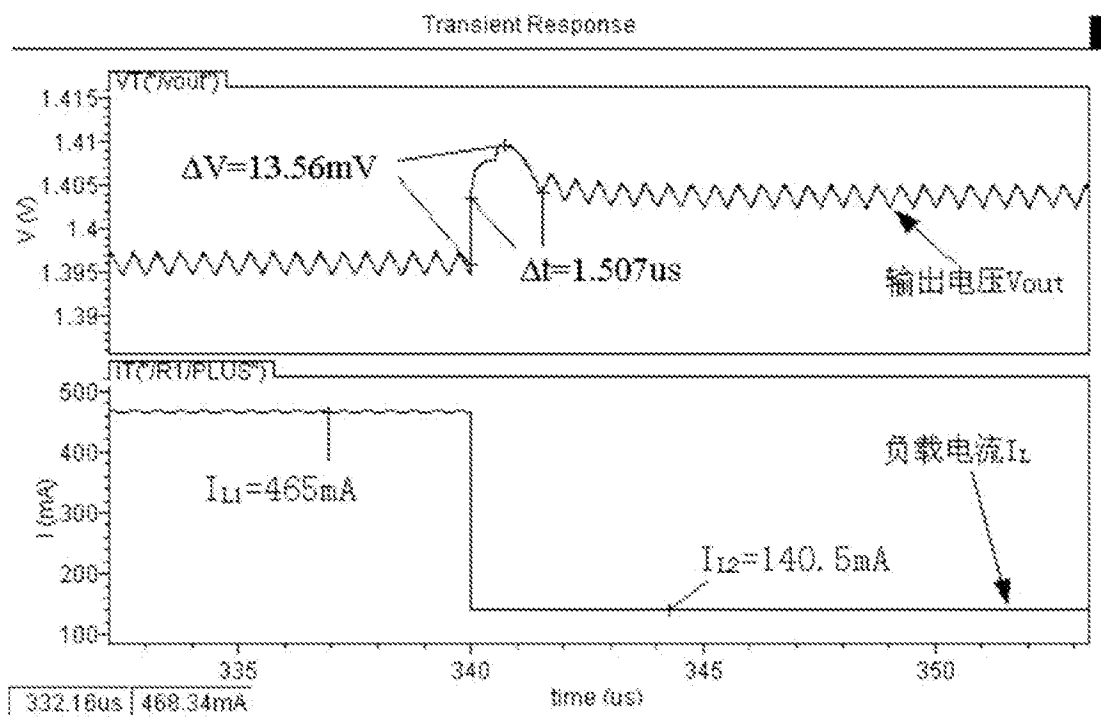


图 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2010/078069

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See extra sheet

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)

IPC: H02M

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, CNKI, WPI, EPODOC PWM, PFM, PULSE, WIDTH, MODULATION, HYSTERE+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E	CN201750340U(UNIV SOUTHEAST) 16 Feb. 2011(16.02.2011) see claims 1-10	1-10
A	CN101483386A(ASUS COMPUTER CO LTD)15 Jul.2009(15.07.2009) see the whole document	1-10
A	CN101286701A(FUJI ELEC DEVICE TECH CO LTD) 15 Oct.2008(15.10.2008) see the whole document	1-10
A	CN101510721A(UNIV ZHEJIANG) 19 Aug. 2009(19.08.2009) see the whole document	1-10
A	CN1853334A(SYSTEM GENERAL CORP) 25 Oct.2006(25.10.2006) see the whole document	1-10

☐ 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 05 May 2011(05.05.2011)	Date of mailing of the international search report 19 May 2011 (19.05.2011)
Name and mailing address of the ISA/CN The State Intellectual Property Office, the P.R.China 6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District, Beijing, China 100088 Facsimile No. 86-10-62019451	Authorized officer XIA, Tao Telephone No. (86-10)62411617

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2010/078069

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN201750340U	16.02.2011	NONE	
CN101483386A	15.07.2009	NONE	
CN101286701A	15.10.2008	US2008180078A1	31. 07.2008
		JP2008187813A	14. 08.2008
CN101510721A	19.08.2009	NONE	
CN1853334A	25.10.2006	US2005099164A1	12. 05.2005
		US6903536B2	07. 06.2005
		WO2005048438A1	26. 05.2005
		CN100539367C	09. 09.2009

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2010/078069

Continuation of: **A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

H02M3/158(2006.01)i

H02M1/14(2006.01)i

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2010/078069

A. 主题的分类

见附加页

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)

IPC: H02M

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, CNKI, WPI, EPODOC 开关电源, 瞬态响应, 脉冲宽度调制, 脉宽调制, 脉宽控制, 脉冲宽度控制, 迟滞 PWM, PFM, PULSE, WIDTH, MODULATION, HYSTERE+

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
E	CN201750340U(东南大学) 16. 2 月 2011(16.02.2011) 见权利要求 1-10	1-10
A	CN101483386A(华硕电脑股份有限公司)15. 7 月 2009(15.07.2009) 见全文	1-10
A	CN101286701A(富士电机电子技术株式会社) 15. 10 月 2008(15.10.2008) 见全文	1-10
A	CN101510721A(浙江大学) 19. 8 月 2009(19.08.2009) 见全文	1-10
A	CN1853334A(崇贸科技股份有限公司) 25. 10 月 2006(25.10.2006) 见全文	1-10

☐ 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

05. 5 月 2011(05.05.2011)

国际检索报告邮寄日期

19.5 月 2011 (19.05.2011)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088

传真号: (86-10)62019451

受权官员

夏涛

电话号码: (86-10) **62411617**

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2010/078069

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN201750340U	16.02.2011	无	
CN101483386A	15.07.2009	无	
CN101286701A	15.10.2008	US2008180078A1	31. 07.2008
		JP2008187813A	14. 08.2008
CN101510721A	19.08.2009	无	
CN1853334A	25.10.2006	US2005099164A1	12. 05.2005
		US6903536B2	07. 06.2005
		WO2005048438A1	26. 05.2005
		CN100539367C	09. 09.2009

接 A. 主题的分类

H02M3/158(2006.01)i

H02M1/14(2006.01)i