



## [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710146840.9

[45] 授权公告日 2009 年 12 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 100568329C

[22] 申请日 2004.8.24

[21] 申请号 200710146840.9

分案原申请号 200410064414.7

[30] 优先权

[32] 2003.8.27 [33] JP [31] 2003-302538

[32] 2003.12.16 [33] JP [31] 2003-418233

[73] 专利权人 则武伊势电子股份有限公司

地址 日本三重县

共同专利权人 诺利塔克股份有限公司

[72] 发明人 龟田胜士 芝田和久 中西浩

寺上伸一 江口登志英

[56] 参考文献

CN1204853A 1999.1.13

JP2002260565A 2002.9.13

JP2003029711A 2003.1.31

US5028861A 1991.7.2

审查员 栗彬彬

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 朱进桂

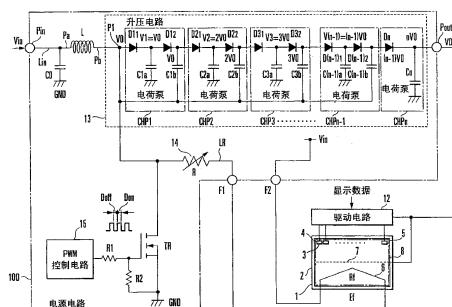
权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 11 页

[54] 发明名称

用于真空荧光显示器的电源电路

[57] 摘要

一种用于真空荧光显示器的电源电路，包括升压线圈、输入端、开关晶体管、PWM 控制电路、升压电路、第一灯丝端和第二灯丝端。将升压线圈设置在电流路径中，以便根据其中所流过的电流的变化，产生感生电压。输入端接收要施加到升压线圈一端的 DC 电压。将开关晶体管设置在升压线圈的另一端与地线之间。PWM 控制电路周期性地接通/断开开关晶体管。升压电路根据当开关晶体管从导通切换到截止时、在升压线圈的另一端处所产生的感生电压，产生升压后的电压。第一接线端与位于升压线圈的另一端和开关晶体管之间的节点相连。将低于在升压线圈的另一端处产生的感生电压的 DC 电压施加到第二接线端上。



1. 一种用于真空荧光显示器的电源电路，其特征在于包括：

串联的第一和第二开关元件 (SW1、SW2)，设置在用于输入DC电压 (Vin) 的输入线 (Lin) 和地线 (GND) 之间，所述第一开关元件 (SW1) 比所述第二开关元件 (SW2) 更靠近用于输入DC电压的输入线；

与所述第一开关元件 (SW1) 并联的串联电路 (18-1)，包括彼此串联的电阻器 (R4)、逆流防止元件 (D2) 和恒压元件 (D1)，所述逆流防止元件 (D2) 比所述恒压元件 (D1) 更靠近用于输入DC电压的输入线；

第一电容器 (C1)，连接在所述恒压元件 (D1) 的输入端和输出端之间；

第一接线端 (F1)，与所述恒压元件 (D1) 的输入端和所述第一电容器 (C1) 之间的节点 (PA) 相连；

第二电容器 (C2)，连接在第二接线端 (F2) 和地线 (GND) 之间；以及

控制装置 (16A)，用于周期性地重复以下操作：在接通所述第一开关元件 (SW1) 的同时断开所述第二开关元件 (SW2)，以及在断开所述第一开关元件 (SW1) 的同时接通所述第二开关元件 (SW2)。

2. 一种用于真空荧光显示器的电源电路，其特征在于包括：

串联的第一和第二开关元件 (SW1、SW2)，设置在用于输入DC电压 (Vin) 的输入线 (Lin) 和地线 (GND) 之间，所述第一开关元件 (SW1) 比所述第二开关元件 (SW2) 更靠近用于输入DC电压的输入线；

串联的第三和第四开关元件 (SW3、SW4)，设置在用于输入DC电压 (Vin) 的输入线 (Lin) 和地线 (GND) 之间，所述第三开关元件 (SW3) 比所述第四开关元件 (SW4) 更靠近用于输入DC电压的输入线；

与所述第一开关元件 (SW1) 并联的串联电路 (18-1)，包括彼此串联的电阻器 (R4)、逆流防止元件 (D2) 和恒压元件 (D1)，所述逆

---

流防止元件 (D2) 比所述恒压元件 (D1) 更靠近用于输入DC电压的输入线；

第一电容器 (C1)，连接在所述恒压元件 (D1) 的输入端和输出端之间；

第一接线端 (F1)，与所述恒压元件 (D1) 的输入端和所述第一电容器 (C1) 之间的节点 (PA) 相连；

第二电容器 (C2)，连接在第二接线端 (F2) 和位于所述第三开关元件 (SW3) 和所述第四开关元件 (SW4) 之间的节点 (PB) 之间；以及

控制装置 (16B)，用于周期性地重复以下操作：在接通第一开关元件对的同时断开第二开关元件对，以及在断开第一开关元件对的同时接通第二开关元件对，所述第一开关元件对包括所述第一开关元件 (SW1) 和所述第四开关元件 (SW4)，而所述第二开关元件对包括所述第二开关元件 (SW2) 和所述第三开关元件 (SW3)。

## 用于真空荧光显示器的电源电路

本申请是2004年8月24日递交的中国专利申请“用于真空荧光显示器的电源电路”（申请号200410064414.7）的分案申请。

### 技术领域

本发明涉及一种附于真空荧光显示器上的电源电路。

### 背景技术

真空荧光显示器是通过使从具有至少一侧是透明的真空管（外壳）中的阴极发射出来的电子撞击在涂覆于阳极上的荧光体上，并使荧光体发光，来显示所需图案的电子管。通常，作为这种真空荧光显示器，最经常使用的是具有三极真空管结构的显示器，所述三极真空管具有用于控制电子的行为的栅极。

图15示出了传统的普通真空荧光显示器和附于真空荧光显示器上的电路（参见日本专利未审公开No. 2002-260565（参考文献1））。参考图15，参考数字1表示真空荧光显示管；400表示附于真空荧光显示管1上的电源电路。在真空荧光显示管1中，抽空外壳2中包括：阳极5，包括多个涂覆有荧光体3的阳极电极4；阴极6，与阳极5的上表面相对设置；以及栅极7，设置在阳极5和阴极6之间，用于控制从阴极6发射出的电子。在阳极衬底8上形成阳极5。

在这种情况下，阴极6是涂覆有电子发射材料的灯丝。阴极6通过中心抽头变压器9与交流（AC）电源10相连，并通过变压器9的中心抽头接地。利用此结构，将AC灯丝电压Ef施加到阴极6的两端（在端子F1和F2之间）。

按照格状图案形成栅极7，其接收来自升压电路11的直流（DC）电压VDD2。每个阳极4均与驱动电路12相连。驱动电路12也接收来自升压电路11的DC电压VDD2。升压电路11通过对输入电压Vin（DC电压）进

行升压，产生用于阳极/栅极的DC电压VDD2。驱动电路12根据输入显示数据，对要施加到每个阳极电极4上的正电压进行开/关控制。

#### [截止电压]

在真空荧光显示器中，当灯丝电位下降到阳极电位的关断电平以下时，可能会发生光发射泄漏。即，灯丝电位需要高于阳极电位的关断电平。此灯丝电位被称为截止电压。

参照图15，阴极6的一端与GND之间的平均电压（灯丝端F1侧的平均电压）等于阴极6的另一端与GND之间的平均电压（灯丝端F2侧的平均电压）。将阴极6的这个平均电压设置为截止电压。可以通过连接在GND与变压器9的中心抽头之间的电阻器RC1的值来调整此截止电压。

但是，在上述传统电源电路400中，由于使用变压器9来获得AC灯丝电压Ef，存在以下问题（1）到（4）：

- (1) 产生较大的噪音；
- (2) 需要较多的成本和时间来设计电源；
- (3) 当在真空荧光显示管1上显示所需图案时，引起闪烁；以及
- (4) 需要较大的功率消耗。

## 发明内容

本发明的一个目的是消除对灯丝驱动变压器的需要，并实现较低的噪音。

本发明的另一目的是缩短设计电源所需的时间。

本发明的另一目的是当在真空荧光显示管上显示所需图案时，防止闪烁。

本发明的另一目的是实现较低的功率消耗。

为了实现上述目的，根据本发明，提出了一种用于真空荧光显示器的电源电路，包括：电感元件，设置在电流路径上，以便根据其中所流过的电流的变化，产生感生电压；输入端，针对施加到所述电感元件的一端的直流（DC）电压；开关元件，设置在所述电感元件的另一端与地线之间；控制电路，周期性地接通/断开所述开关元件；升压电路，根据在将所述开关元件从接通切换为断开时，在所述电感元件

的所述另一端处产生的感生电压，产生升压后的电压；第一接线端，与所述电感元件的所述另一端和所述开关元件之间的节点相连；以及第二接线端，将低于在所述电感元件的所述另一端处产生的所述感生电压的DC电压施加到其上。

## 附图说明

图1是示出了根据本发明实施例（第一实施例）的电源电路的主要部分的电路图；

图2是示出了出现在第一实施例中的灯丝端F1处的电压波形（F1处的波形）的曲线图；

图3是示出了出现在第一实施例中的灯丝端F1和F2之间的波形（F1和F2之间的波形）的曲线图；

图4是示出了根据本发明另一实施例（第二实施例）的电源电路的主要部分的电路图；

图5是示出了出现在第二实施例中的灯丝端F1处的电压波形（F1和GND之间的波形）的曲线图；

图6是示出了出现在第二实施例中的灯丝端F2处的电压波形（F2和GND之间的波形）的曲线图；

图7是示出了出现在第二实施例中的灯丝端F1和F2之间的波形（F1和F2之间的波形）的曲线图；

图8是示出了根据本发明另一实施例（第三实施例）的电源电路的主要部分的电路图；

图9是示出了出现在第三实施例中的灯丝端F1处的电压波形（F1和GND之间的波形）的曲线图；

图10是示出了出现在第三实施例中的灯丝端F2处的电压波形（F2和GND之间的波形）的曲线图；

图11是示出了出现在第三实施例中的灯丝端F1和F2之间的波形（F1和F2之间的波形）的曲线图；

图12是示出了根据本发明另一实施例（第四实施例）的电源电路的主要部分的电路图；

图13是示出了出现在第四实施例中的灯丝端F1处的电压波形（F1处的波形）的曲线图；

图14是示出了出现在第四实施例中的灯丝端F1和F2之间的波形（F1和F2之间的波形）的曲线图；

图15是示出了传统的普通真空荧光显示管和附于真空荧光显示管的电路的方框图；

图16是示出了产生用于阳极/栅极的DC电压并对灯丝进行脉冲驱动的传统电源电路的方框图；以及

图17是示出了此电源电路的操作的波形图。

## 具体实施方式

下面，将参照附图，对本发明进行详细描述。

### [第一实施例]

图1是示出了根据本发明实施例（第一实施例）的电源电路的主要部分的电路图。电源电路100包括电容器（输入平滑电容器）C0、升压线圈（电感元件）L、升压电路13、开关晶体管（场效应晶体管）TR、可变电阻器（电压调整电阻器）14、PWM控制电路15和电阻器R1及R2。电源电路具有输入端Pin、输出端Pout、灯丝端F1（第一接线端）和灯丝端F2（第二接线端）。

将输入电压（DC电压）Vin施加到输入端Pin上。从输出端Pout输出用于阳极/栅极的DC电压VDD2。真空荧光显示管1的阴极（灯丝）6连接在灯丝端F1和F2之间。

在电源电路100中，将升压线圈L设置在输入端Pin与升压电路13之间的电流路径Lin上，并根据流经电流路径Lin的电流的变化，产生感生电压。输入平滑电容器C0连接在位于地线与升压线圈L的一端Pa之间的节点和输入端Pin之间。升压线圈L的另一端Pb与开关晶体管TR的漏极相连。开关晶体管TR的源极接地（GND）。PWM控制电路15通过电阻器R1与开关晶体管TR的栅极相连。

PWM控制电路15周期性地产生具有预定占空比的脉冲信号[假设

$V_{in}$ 与 $V_0$ (稍后描述)的比 $V_{in}/V_0$ 为截止占空比:  $D_{off}$  ( $D_{off}=V_{in}/V_0$ ), 且  $(V_0-V_{in})$  与 $V_0$ 的比为导通占空比:  $D_{on}$  ( $D_{on}=(V_0-V_{in})/V_0$ ], 并通过电阻器R1, 将该脉冲信号提供给开关晶体管TR的栅极。注意, 在PWM控制电路15中, 可以对脉冲信号的周期和占空比进行调整。

升压线圈L的另一端Pb与开关晶体管TR的漏极之间的节点P1通过电压调整电阻器14与灯丝端F1相连。即, 电压调整电阻器14与连接线LR相连, 所述连接线LR位于灯丝端F1和位于升压线圈L的另一端Pb和开关晶体管TR之间的节点P1之间。将输入电压(DC电压) $P_{in}$ 施加到灯丝端F2上。

升压电路13包括n个电荷泵CHP1到CHPn。电荷泵CHP1包括二极管(整流二极管)D1<sub>1</sub>和D1<sub>2</sub>以及电容器(输出平滑/电荷泵电容器)C1a和C1b。二极管D1<sub>1</sub>的阳极与升压线圈L的一端相连, 二极管D1<sub>1</sub>的阴极与二极管D1<sub>2</sub>的阳极相连。电容器C1a的一端与二极管D1<sub>1</sub>的阴极和二极管D1<sub>2</sub>的阳极相连。电容器C1a的另一端接地。电容器C1b的一端与二极管D1<sub>2</sub>的阴极相连, 而另一端与升压线圈L的另一端Pb, 即升压线圈L、升压电路13和开关晶体管TR之间的节点P1相连。

电荷泵CHP2到CHPn-1具有与电荷泵CHP1相同的结构。最后一个电荷泵CHPn包括二极管Dn和电容器Cn。二极管Dn的阳极与紧接在前的电荷泵CHPn-1的二极管D(n-1)<sub>2</sub>的阴极相连, 而二极管Dn的阴极与输出端Pout相连。电容器Cn连接在二极管Dn的阴极和地线之间。

### [升压操作]

PWM控制电路15周期性地产生具有预定占空比的脉冲信号, 并通过电阻器R1提供给开关晶体管TR的栅极。开关晶体管TR依照此脉冲信号, 重复执行导通/截止操作。在这种情况下, 当开关晶体管TR从导通切换为截止时, 在升压线圈L和开关晶体管TR之间的节点P1处产生高于输入电压 $V_{in}$ 的电压(感生电压)  $V_0$ 。

将电压 $V_0$ 施加到升压电路13上。在升压电路13中, 通过二极管D1<sub>1</sub>, 以在节点P1处产生的电压 $V_0$ 对电荷泵CHP1的电容器C1a进行充电, 电荷泵的已充电电位V1变为 $V_0$  ( $V_1=V_0$ )。当开关晶体管TR从截止切换为导

通时，通过二极管D1<sub>2</sub>，以电容器C1a的已充电电位V1对电容器V1b进行充电，且电容器的已充电电位变为V0。当开关晶体管TR再次从导通切换为截止时，以在节点P1处产生的感生电压V0升高电容器C1b的已充电电位V0，且电荷泵CHP2中的电容器C2a的已充电电位V2变为2V0（V2=2V0）。

随后，随着此操作的重复，通过电荷泵CHP1到CHPn顺序升高在阶段P1处所产生的电压V0。结果，从输出端Pout获得电压nV0，作为用于阳极/阴极的DC电压VDD2（VDD2=nV0）。即，通过使在节点P1处产生的电压V0通过升压电路13，可以获得比电压V0高n倍的、用于阳极/栅极的DC电压VDD2。可以通过开关晶体管TR的导通占空比Don和升压电路13中电荷泵的数量来调整用于阳极/栅极的DC电压VDD2的数值。

[灯丝电压]

[在F1处的波形]

图2示出了通过上述升压操作出现在灯丝端F1处的电压波形（F1处的波形）。参照图2，参考符号ton表示开关晶体管TR的导通时间，而toff表示开关晶体管TR的截止时间。在以下的描述中，忽略在开关晶体管TR、二极管D和电容器C等处的电压降。

当开关晶体管TR导通时，由于灯丝端F1通过电压调整电阻器14接地，因此出现了比电压V0高电压调整电阻器14处的电压降VR的电压。在这种情况下，假设Rf是阴极6的电阻，R是电压调整电阻器14的电阻，则以 $VR = Vin \cdot \{R / (Rf + R)\}$ 表示在电压调整电阻器14处的电压降VR，因为灯丝端F2的电位为Vin。因此，通过 $VR = Vin \cdot \{R / (Rf + R)\}$ 给出灯丝端F1的电位。

当开关晶体管TR截止时，由于通过电压调整电阻器14将在节点P1处产生的电压V0施加到灯丝端F1上，因此出现了比电压V0低电压调整电阻器14处的电压降VR的电压。在这种情况下，以 $VR = (V0 - Vin) \cdot \{R / (Rf + R)\}$ 表示在电压调整电阻器14处的电压降VR，因为此时，节点P1处的电位为V0。因此，通过 $V0 - (V0 - Vin) \cdot \{R / (Rf + R)\}$ 给出灯丝端F1的电位。

### [F1和F2之间的波形]

灯丝端F1和F2之间的电压波形（F1和F2之间的波形）变得类似于图3所示，其中将输入电压Vin施加到作为基准的灯丝端F2上，且灯丝端F1侧为“+”侧。即，施加在灯丝6两端的电压，由于开关晶体管TR的周期性导通/截止切换，成为具有矩形波形的电压（AC灯丝电压）。

在这种情况下，通过下式表示施加在灯丝6两端的灯丝电压的有效值Ef：

$$Ef = \{Vin \cdot (V0 - Vin)\}^{1/2} \cdot \{Rf / (Rf + R)\} \quad \cdots (1)$$

从等式（1）中显而易见的是，通过电压调整电阻器14的电阻和电压V0，可以调整灯丝电压Ef。应当注意的是，由于VDD2=nV0且V0=VDD2/n，因此，V0由升压电路13中的电荷泵的数量来确定。即，可以通过改变电荷泵的数量来改变V0的数值。

应当注意，如果没有电压调整电阻器14（R=0），则由以下等式表示灯丝电压的有效值Ef：

$$Ef = \{Vin \cdot (V0 - Vin)\}^{1/2} \quad \cdots (2)$$

### [截止电压]

在电源电路100中，以VF1=VF2=Vin表示灯丝端F1和F2处的平均电压VF1和VF2。例如，如果没有电压调整电阻器14（R=0Ω），则

$$VF1 = V0 \cdot Doff = V0 \cdot (Vin/V0) = Vin$$

由于VF2=Vin（与Vin相连），

$$VF1 = VF2 = Vin$$

如果具有电压调整电阻器14，则

$$\begin{aligned} VF1 &= \{V0 - (V0 - Vin) \cdot (R / (Rf + R))\} \cdot Doff + Vin \cdot (R / (Rf + R)) \cdot Don \\ &= \{V0 - (V0 - Vin) \cdot (R / (Rf + R))\} \cdot (Vin/V0) + Vin \cdot (R / (Rf + R)) \cdot ((V0 - Vin)/V0) \\ &= \{1 - (R / (Rf + R))\} \cdot Vin + Vin \cdot (R / (Rf + R)) \\ &= Vin \cdot \{(Rf / (Rf + R)) + R / (Rf + R)\} = Vin \end{aligned}$$

由于 $VF2=Vin$ （与 $Vin$ 相连），

$$VF1 = VF2 = Vin.$$

可以使灯丝端F1处的截止电压（当阳极断开时，使亮度为零的灯丝电位）与灯丝端F2处相等。此外，可以通过调整电压调整电阻器14的电阻R，任意设置灯丝电位的最小值与地电位之间的电位差VR（ $VR = Vin \cdot \{R/(R_f + R)\}$ ）。

[当 $Vin$ 变化时， $Ef$ 的变化比]

通过实际设备获得 $Vin$ 变化时的 $Ef$ 的变化比。这使其能够确认即使 $Vin$ 的范围较大，灯丝电压 $Ef$ 仍然是稳定的。

(1) 当 $V_0=10V$ 时，

$$Vin=4.5V: Ef=\{4.5 \cdot (10 - 4.5)\}^{1/2}= 4.97 \text{ Vrms}$$

$$Vin=5.0V: Ef=\{5 \cdot (10 - 5)\}^{1/2}= 5.00 \text{ Vrms}$$

$$Vin=5.5V: Ef=\{5.5 \cdot (10 - 5.5)\}^{1/2}= 4.97 \text{ Vrms}$$

当 $Vin$ 在±10%的范围内变化时， $Ef$ 在±0.6%的范围内变化。

(2) 当 $V_0=10V$ 时，

$$Vin=4.0V: Ef=\{4.0 \cdot (10 - 4.0)\}^{1/2}= 4.90 \text{ Vrms}$$

$$Vin=5.0V: Ef=\{5 \cdot (10 - 5)\}^{1/2}= 5.00 \text{ Vrms}$$

$$Vin=6.0V: Ef=\{6.0 \cdot (10 - 6.0)\}^{1/2}= 4.90 \text{ Vrms}$$

当 $Vin$ 在±20%的范围内变化时， $Ef$ 在±2%的范围内变化。

(3) 当 $V_0=15V$ 时，

$$Vin=4.5V: Ef=\{4.5 \cdot (15 - 4.5)\}^{1/2}= 6.87 \text{ Vrms}$$

$$Vin=5.0V: Ef=\{5 \cdot (15 - 5)\}^{1/2}= 7.07 \text{ Vrms}$$

$$Vin=5.5V: Ef=\{5.5 \cdot (15 - 5.5)\}^{1/2}= 7.23 \text{ Vrms}$$

当 $Vin$ 在±10%的范围内变化时， $Ef$ 在-2.8%到+2.3%的范围内变化。

在电源电路100中，将要施加到输入端Pin上的DC电压和要施加到灯丝端F2上的DC电压设置为相同的电压 $Vin$ 。但是，只要要施加到灯丝端F2上的DC电压低于在节点P1处所产生的感生电压 $V_0$ 就足够了。即，此电压不必总是等于施加到输入端Pin上的DC电压 $Vin$ 。

如上所述，根据电源电路100，由于在产生要施加到真空荧光显

示管1的阳极5和栅极7上的升压电压VDD2时，使用开关晶体管TR的周期性导通/截止操作，来产生AC灯丝电压Ef，因此不需要灯丝驱动变压器。这可以实现低噪音结构。

此外，此电路可以由商用组件构成，而不需要任何变压器设计成本。此外，可以缩短设计电源所需的时间。此外，通过调整来自PWM控制电路15的脉冲信号的周期，可以使灯丝6的驱动周期与显示器接通周期同步。这可以防止当在真空荧光显示管1上显示所需图案时的抖动。由于未使用变压器，可以实现低功率消耗。

此外，由于使用在升压线圈L的一端产生的感生电压V0来获得灯丝电压Ef，电压损耗较小，且灯丝电压Ef的稳定性良好。即使当如同电池驱动操作中那样，输入电压改变或不稳定时，灯丝电压Ef的稳定性仍然较好。

## [第二实施例]

图4示出了根据本发明另一实施例（第二实施例）的电源电路的主要部分。电源电路200包括控制电路16A、升压电路17和截止电路18A，并具有输入端Pin、输出端Pout和灯丝端F1和F2。将DC电压（输入电压）Vin施加到输入端Pin上。从输出端Pout输出用于阳极/栅极的DC电压VDD2。真空荧光显示管1的阴极（灯丝）6连接在灯丝端F1和F2之间。

截止电路18A包括第一开关SW1、第二开关SW2、电阻器R、二极管D1和D2、电容器C1和C2。开关SW1和SW2串联在用于DC电压Vin的输入线Lin和地线（GND）之间。在此串联连接中，开关SW1位于DC电压Vin的输入线Lin侧，而开关SW2位于地线侧。电阻器R4与二极管D2和D1的串联电路18-1与开关SW1并联。

在截止电路18A中，二极管D1被用作恒压元件，而二极管D2被用作逆流防止元件。二极管D2比二极管D1更靠近用于DC电压Vin的输入线Lin侧。即，二极管D2的阳极通过电阻器R4与用于电源电压Vin的输入线Lin相连，而二极管D2的阴极与二极管D1的阳极相连。二极管D1的阴极与开关SW1和SW2之间的节点相连。电阻器R4被用作用于设置流入二极管D1和D2中的正向电流的电阻器。

电容器C1与二极管D1并联。即，电容器C1的一端与二极管D1的阳极（恒压元件的输入端）相连，而电容器C1的另一端与二极管D1的阴极（恒压元件的输出端）相连。灯丝端F1与二极管D1的阳极和电容器C1之间的节点PA相连。电容器C2连接在灯丝端F2和地线之间。

控制电路16A将DC电压用作工作电源，并沿相反的方向周期性地接通/断开截止电路18A的开关SW1和SW2。即，控制电路16A周期性地重复“在接通开关SW1的同时断开开关SW2，以及在断开开关SW1的同时接通开关SW2”的操作。升压电路17对DC电压Vin进行升压，以便产生用于阳极/栅极的DC电压VDD2。

应当注意的是，在控制电路16A中沿相反的方向周期性地接通/断开开关SW1和SW2时，可以调整开关SW1和SW2的开关周期T和占空比（接通占空比和断开占空比）。假设ton是其中开关SW1接通的时间（=其中开关SW2断开的时间），而toff是其中开关SW1断开的时间（=其中开关SW2接通的时间），开关周期T由 $T = ton + toff$ 给出。此外，将开关SW1的接通占空比Don表示为 $Don = ton/T$ 。将开关SW1的断开占空比表示为 $Doff = toff/T = (T - ton)/T = 1 - Don$ 。

### [灯丝电压]

### [ F1和GND之间的波形]

图5示出了在控制电路16A对开关SW1和SW2进行接通/断开控制时，出现在灯丝端F1处的电压波形（F1和GND之间的波形）。

当断开开关SW1而接通开关SW2时，电流流过由电阻器R4、二极管D2、二极管D1和开关SW2构成的路径，且电容器C1的已充电电压Vc1变得等于二极管D1的正向电压VF。结果，在toff的间隔中，F1和GND之间的电压变为 $Vc1 = VF$ 。

当接通开关SW1而断开开关SW2时，通过开关SW1，将DC电压Vin与电容器C1的已充电电压Vc1相加，节点PA处的电位变为 $Vin + Vc1$ 。因此，在ton的间隔中，F1和GND之间的电压变为 $Vin + Vc1$ 。在这种情况下，尽管节点PA处的电位高于Vin，但由于二极管D2的逆流防止效应，没有电流流入输入线Lin。

### [F2和GND之间的波形]

图6示出了在控制电路16A对开关SW1和SW2进行接通/断开控制时，出现在灯丝端F2处的电压波形（F2和GND之间的波形）。

当接通开关SW1而断开开关SW2时，通过开关SW1，将DC电压 $V_{in}$ 与电容器C1的已充电电压 $V_{c1}$ 相加，节点PA处的电位变为 $V_{in} + V_{c1}$ 。结果，电流 $I_{f1}$ 流入灯丝6，且通过电流（充电电流） $I_{f1}$ 对电容器C2进行充电。

当断开开关SW1而接通开关SW2时，节点PA处的电位返回 $V_{c1}$ 。结果，来自电容器C2的放电电流 $I_{f2}$ 流入灯丝6。

在接通开关SW1时对电容器C2进行充电的电流 $I_{f1}\cdot Don$ 等于在接通开关SW2时从电容器C2放电的电流 $I_{f2}\cdot Doff$ 。如果 $I_{f1}\cdot Don > I_{f2}\cdot Doff$ ，尽管 $V_{c2}$ 增加， $I_{f2}$ 也增加。结果， $V_{c2}$ 下降。如果 $I_{f1}\cdot Don < I_{f2}\cdot Doff$ ，尽管 $V_{c2}$ 下降， $I_{f1}$ 却增加。结果， $V_{c2}$ 增加。最后，由于 $V_{c2}$ 趋向于恒定， $I_{f1}\cdot Don = I_{f2}\cdot Doff$ 。

由于 $I_{f1}\cdot Don = I_{f2}\cdot Doff$ ， $(V_{in} + V_{c1} - V_{c2})\cdot Don = (V_{c2} - V_{c1})\cdot (1 - Don)$ ，当去除此等式中的括号以简化此等式时， $V_{in}\cdot Don + V_{c1}\cdot Don - V_{c2}\cdot Don = V_{c2} - V_{c2}\cdot Don - V_{c1} + V_{c1}\cdot Don$ 。即，得到 $V_{in}\cdot Don = V_{c2} - V_{c1}$ 。因此， $V_{c2} = V_{in}\cdot Don + V_{c1}$ ，以及F2和GND之间的电压在t<sub>off</sub>间隔和t<sub>on</sub>间隔期间均变为 $V_{c2} = V_{in}\cdot Don + V_{c1}$ 。

### [F1和F2之间的波形]

参照施加到灯丝端F2上的电压 $V_{c2} = V_{in}\cdot Don + V_{c1}$ ，灯丝端F1和F2之间的电压波形（F1和F2之间的波形）变得类似于图7所示。即，施加在灯丝6两端的电压成为具有矩形波形的电压（AC灯丝电压），由于控制电路16A对开关SW1和SW2的接通/断开控制，其电压宽度以 $V_{in}$ 表示。

### [灯丝电压的有效值]

假设ef1是接通开关SW1而断开开关SW2时施加在灯丝6两端的有

效电压，则  $ef1 = (Vin + Vc1 - Vc2) \cdot Don^{1/2}$ 。将  $Vc2 = Vin \cdot Don + Vc1$  代入此等式，得到：

$$\begin{aligned} ef1 &= (Vin + Vc1 - Vin \cdot Don - Vc1) \cdot Don^{1/2} \\ &= Vin \cdot (1 - Don) \cdot Don^{1/2} \end{aligned} \quad \cdots (3)$$

假设  $ef2$  是断开开关SW1而接通开关SW2时施加在灯丝6两端的有效电压，则  $ef2 = (Vc2 - Vc1) \cdot Doff^{1/2} = (Vc2 - Vc1) \cdot (1 - Don)^{1/2}$ 。将  $Vc2 = Vin \cdot Don + Vc1$  代入此等式，得到：

$$\begin{aligned} ef2 &= (Vin \cdot Don + Vc1 - Vc1) \cdot (1 - Don)^{1/2} \\ &= Vin \cdot Don \cdot (1 - Don)^{1/2} \end{aligned} \quad \cdots (4)$$

由  $ef = (ef1^2 + ef2^2)^{1/2}$  给出施加在灯丝6两端的灯丝电压的有效值。将此等式两端平方，得到  $ef^2 = [Vin \cdot (1 - Don) \cdot Don^{1/2}]^2 + [Vin \cdot Don \cdot (1 - Don)^{1/2}]^2 = Vin^2 \cdot (1 - Don)^2 \cdot Don + Vin^2 \cdot Don^2 \cdot (1 - Don) = Vin^2 \cdot (1 - Don) \cdot Don \cdot [(1 - Don) + Don] = Vin^2 \cdot (1 - Don) \cdot Don$ 。根据此等式，由下式给出施加在灯丝6两端的灯丝电压的有效值：

$$ef = Vin \cdot [(1 - Don) \cdot Don]^{1/2} \quad \cdots (5)$$

根据等式(5)，使灯丝电压的有效值最大化的条件为  $Don = 0.5$ ，且当此条件满足时，由  $ef = 0.5Vin$  给出灯丝电压的有效值。由此显而易见的是，在本实施例中，通过调整开关SW1的接通占空比  $Don$ ，可以在  $ef \leq 0.5Vin$  的范围内，任意设置灯丝电压的有效值。

### [截止电压]

在电源电路200中，通过下式给出灯丝端F1处的平均电压（灯丝端F1侧的平均电压）  $VF1$ ：

$$\begin{aligned} VF1 &= (Vin + Vc1) \cdot Don + Vc1 \cdot (1 - Don) \\ &= Vin \cdot Don + Vc1 \end{aligned} \quad \cdots (6)$$

通过下式给出灯丝端F2处的平均电压（灯丝端F2侧的平均电压）  $VF2$ ：

$$\begin{aligned} VF2 &= Vc2 \\ &= Vin \cdot Don + Vc1 \end{aligned} \quad \cdots (7)$$

因此，灯丝端F1处的截止电压变得等于灯丝端F2处的截止电压。

正如从等式(6)和(7)中所显而易见的那样，可以通过调整电容器C1的充电电压Vc1，即二极管D1的正向电压VF和开关SW1的接通占空比，任意设置此截止电压。

在电源电路200中，由于如上所述，以 $V_{in} \cdot D_{on} + V_{c1}$ 给出截止电压，可以将截止电压设置得较低，增加了截止电压的自由度。在如图15所示的传统电源电路400中，可以使用电阻器RC1来调整截止电压。但是，不能将截止电压减小到低于接线端F1和F2与变压器9的中心抽头之间的平均电压。即，设计截止电压的自由度较低。与此相反，在本实施例的电源电路200中，通过二极管D1的正向电压VF和开关SW1的接通占空比D<sub>on</sub>，可以任意设置截止电压。这增加了截止电压的自由度。

应当注意，本申请人先前曾经提出了在参考文献2（日本专利未审公开No. 2003-29711）中所公开的《驱动真空荧光显示管的方法和驱动电路》。图16示出了在参考文献2中所公开的电源电路500。图17示出了电源电路500的操作。在电源电路500中，参考数字20表示根据输入电压（DC电压）V<sub>in</sub>来产生DC电源VCC的逻辑电源；21表示产生基准时钟信号PC1的基准振荡器；以及22表示通过对基准时钟信号PC1的频率分频为1/2来产生外部时钟信号PC2的1/2分频电路。

参考数字23表示通过切换输入电压V<sub>in</sub>来从输出端OUT1和OUT2输出互补差分脉冲电压PLin和P的灯丝驱动器。将来自灯丝驱动器23的差分脉冲电压PLin和P施加到灯丝6上。通过此操作，将AC灯丝电压E<sub>f</sub>施加到灯丝6两端（在接线端F1和F2之间）。参考数字24表示对从灯丝驱动器23输出的差分脉冲电压PLin和P进行升压和整流并作为用于阳极/栅极的DC电压VDD2输出所得到的电压的升压电路。

参照图16，灯丝6的一端与灯丝驱动器23的输出端OUT1之间的平均电压（灯丝端F1侧的平均电压）等于灯丝6的另一端与灯丝驱动器23的输出端OUT2之间的平均电压（灯丝端F2侧的平均电压）。将灯丝6的这个平均电压设置为截止电压。可以通过调整连接在F1和OUT1之间的电阻器RC2的数值以及连接在F2和OUT2之间的电阻器RC3的数值来调整此截止电压。

在电源电路500中，由于用于调整截止电压的电阻器RC2和RC3与

灯丝6串联，因为电阻器RC2和RC3的电压降，输入电压Vin不能完全用作要施加到灯丝6上的电压。此外，电阻器RC2和RC3所消耗的功率较大，且灯丝6也消耗较大的功率。即，所消耗的总功率非常大。此外，作为灯丝驱动器23，必须使用具有能够承受该功率的额定功率和尺寸的驱动器，导致了成本的增加。当要使灯丝电压Ef稳定时，发生较大的损耗，导致了较差的效率。

与此相反，在第二实施例的电源电路200中，由于将具有电压宽度Vin和矩形波形的电压施加到灯丝6上，将全部输入电压Vin用作要施加到灯丝6上的电压。此外，由于在输入电压Vin到灯丝6的供电路径上不存在电阻，不存在由于电阻而导致的功率消耗，得到了较低的功率消耗。这使其能够减小电路组件的额定功率、额定电流和功率消耗量，并实现组件成本和尺寸上的缩减。

与第一实施例的电源电路100相类似，第二实施例的电源电路200并不使用灯丝驱动变压器，可以实现较低的噪音。此外，设计变压器不需要较高的成本，因此，可以缩短设计电源所需的时间。此外，通过调整来自控制电路16A的开关SW1和SW2的接通/断开周期，可以使灯丝6的驱动周期与显示器接通周期同步。这可以防止当在真空荧光显示管1上显示所需图案时的抖动。

### [第三实施例]

图8示出了图4所示的电源电路200的应用。在电源电路300中，第三和第四开关SW3和SW4串联在用于DC电压Vin的输入线Lin和地线之间。在此串联电路中，开关SW3位于DC电压Vin的输入线Lin侧，而开关SW4位于地线侧。电容器C2连接在灯丝端F2和位于开关SW3和SW4之间的节点PB之间。

开关SW1和开关SW4构成第一开关对，而开关SW2和开关SW3构成第二开关对。控制电路16B按照相反方向，周期性地且交替地接通/断开第一开关对（SW1和SW4）和第二开关对（SW2和SW3）。

即，控制电路16B周期性地重复“在同时接通第一开关对（SW1和SW4）的同时，同时断开第二开关对（SW2和SW3），以及在同时断开第

一开关对（SW1和SW4）的同时，同时接通第二开关对（SW2和SW3）”的操作。

图9、10和11分别示出了分别对应于图5、6和7的F1和GND之间的波形、F2和GND之间的波形以及F1和F2之间的波形。如从这些波形中所显而易见的那样，在电源电路300中，与电源电路200中一样，将具有矩形波形的电压（AC灯丝电压）施加到灯丝6上。但是，在这种情况下，将要施加到灯丝6上的具有矩形波形的电压的电压宽度设置为 $2 \cdot V_{in}$ 。

在电源电路300中，如果第一开关对（SW1和SW4）的接通/断开占空比等于第二开关对（SW2和SW3），则 $V_{c1} = V_{c2}$ 。此外，以 $V_{F1} = V_{F2} = V_{in} \cdot D_{on} + V_{c1}$ 表示灯丝端F1和F2处的平均电压 $V_{F1}$ 和 $V_{F2}$ 。通过 $e_f = V_{in} \cdot (2 \cdot D_{on})^{1/2}$ 给出灯丝电压的有效值 $e_f$ 。

在上述电源电路200和300中，将如晶体管和FET等开关元件用作开关SW1到SW4。在与第一开关SW1相连的电阻器R4和二极管D2和D1的串联电路18-1中，可以将电阻器R4设置在二极管D1和D2之间，或者设置在二极管D1和位于开关SW1和SW2之间的节点之间。此外，二极管D1被用作恒压元件，而二极管D2被用作逆流防止元件。但是，这些元件并不局限于二极管。

此外，如图12所示的电源电路201（第四实施例）的情况，可以将第二实施例的电源电路200中的截止电路18A的技术应用于第一实施例的电源电路100。图13示出了第二实施例的电源电路200中的F1处的波形。图14示出了电源电路201中的F1和F2之间的波形。在电源电路201中，由于 $I_{f1} \cdot D_{off} = I_{f2} \cdot D_{on}$ ， $[(V_0 + V_{c1} - V_{c2}) / R_f] \cdot (1 - D_{on}) = [(V_{c2} - V_{c1}) / R_f] \cdot D_{on}$ ， $V_0 + V_{c1} - V_{c2} = V_0 \cdot [(V_0 - V_{in}) / V_0]$ ，且 $V_{c2} = V_{in} + V_{c1}$ ，则 $V_{F1} = V_{in} + V_{c1}$ ，且 $V_{F2} = V_{c2} = V_{in} + V_{c1} = V_{F1}$ 。可以按照与第二实施例相同的方式计算灯丝电压 $E_f$ 。

如上所述，根据本发明，由于通过利用开关元件的周期性接通/断开操作产生AC灯丝电压，不需要使用任何灯丝驱动变压器，且可以实现低噪音。此外，不需要设计变压器的高成本，且可以缩短设计电源所需的时间。此外，这可以防止当在真空荧光显示管1上显示所需图案时的抖动，并实现低功率消耗。

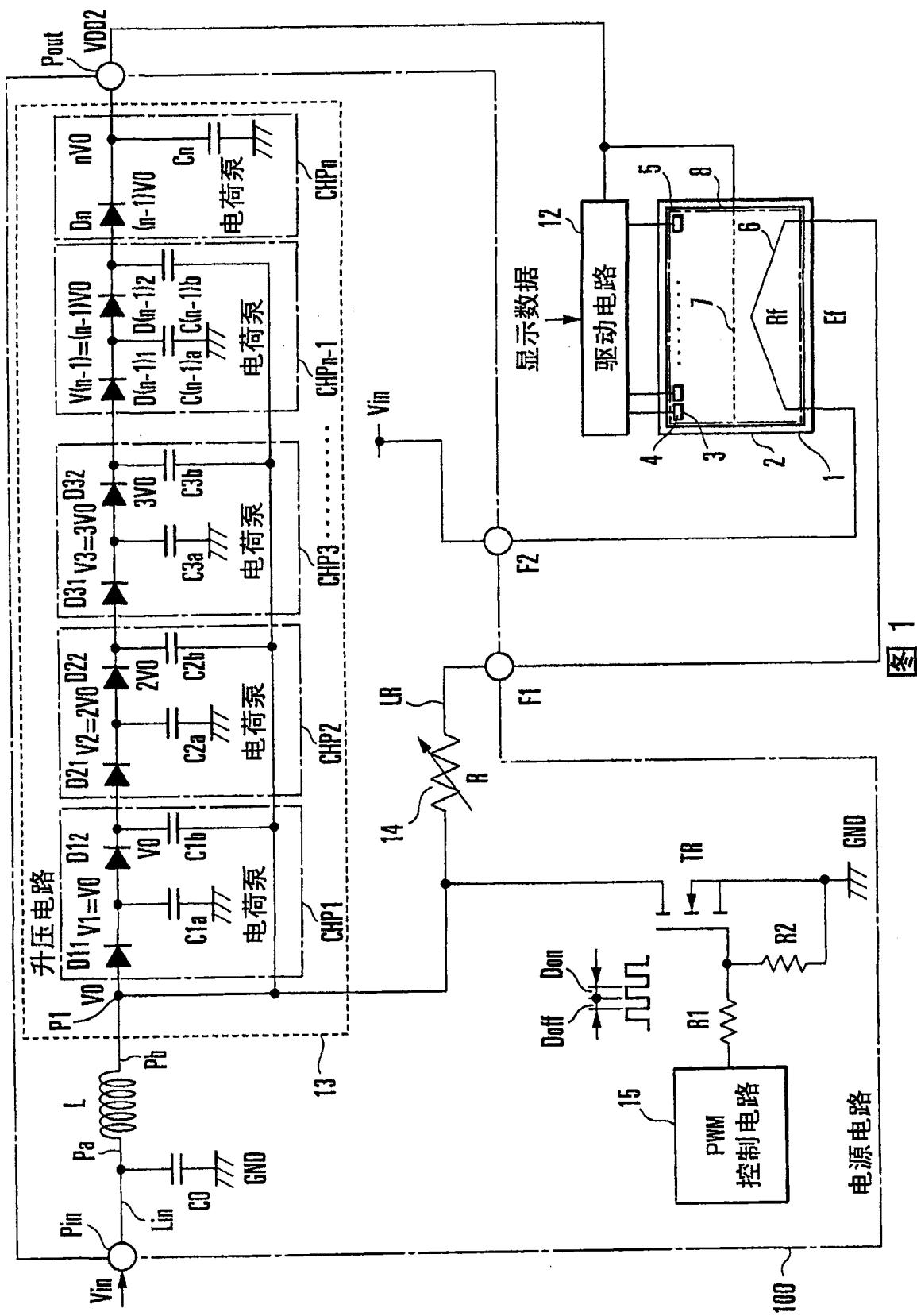


图 1

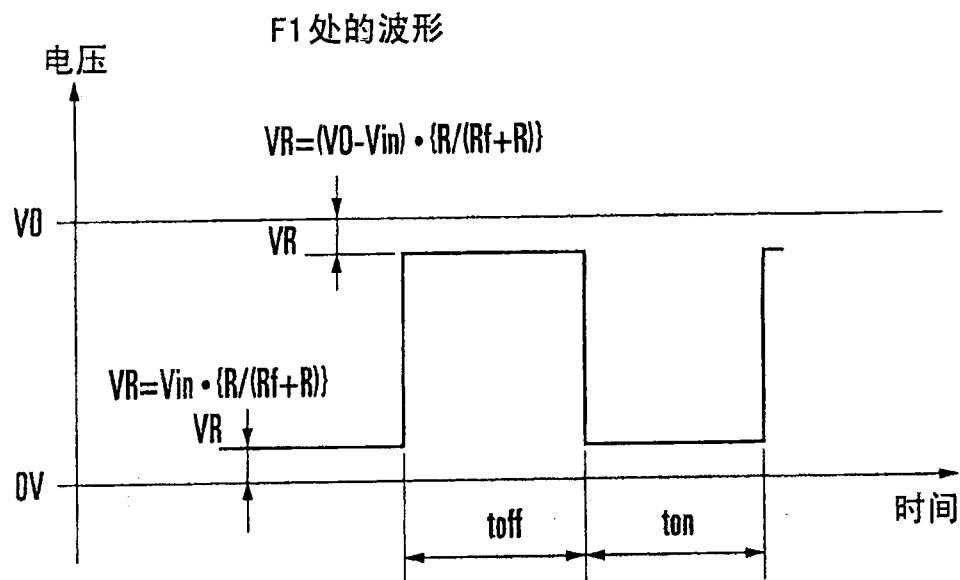


图 2

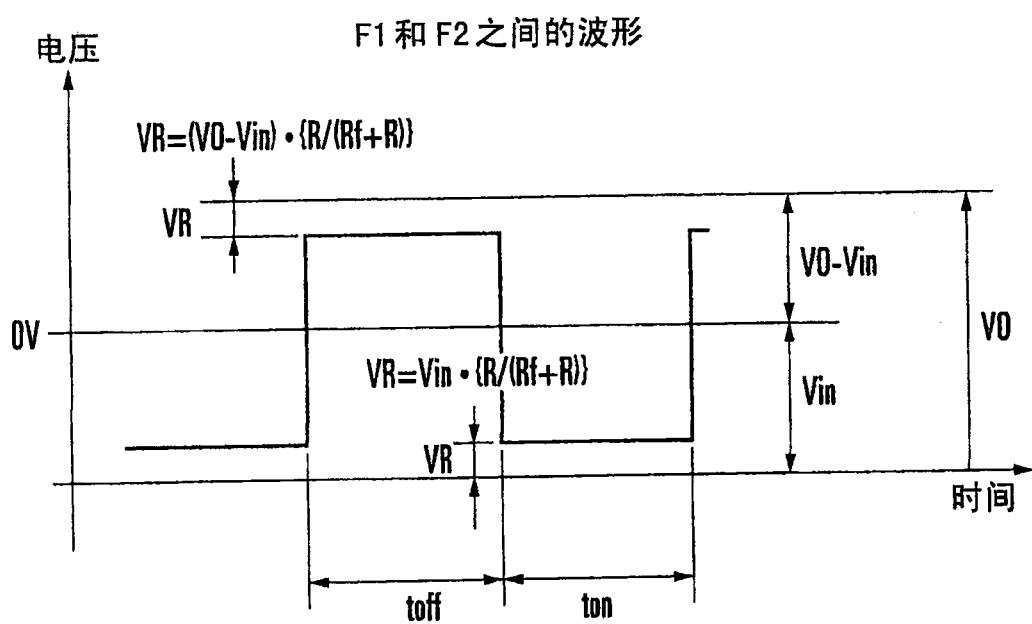


图 3

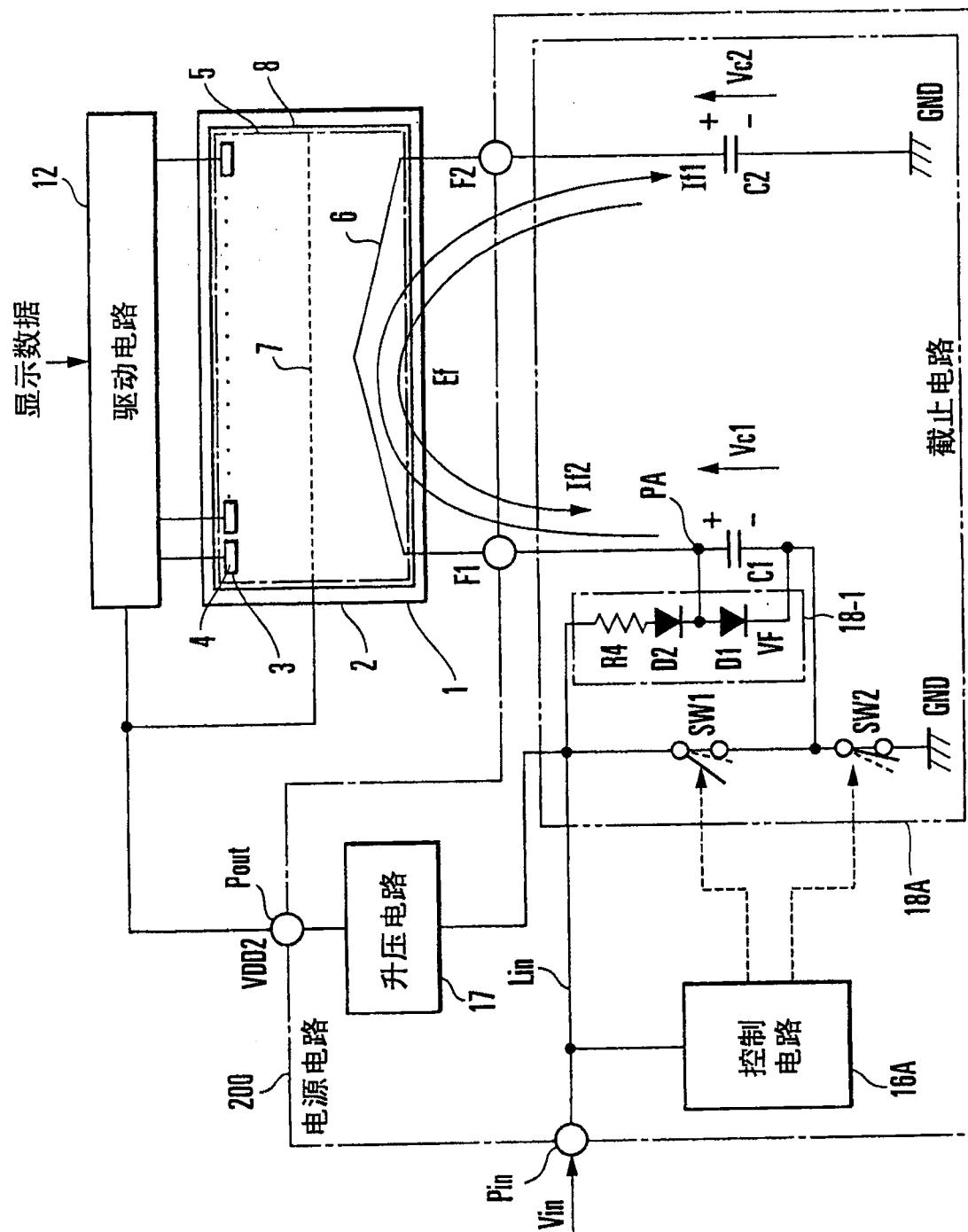


图 4

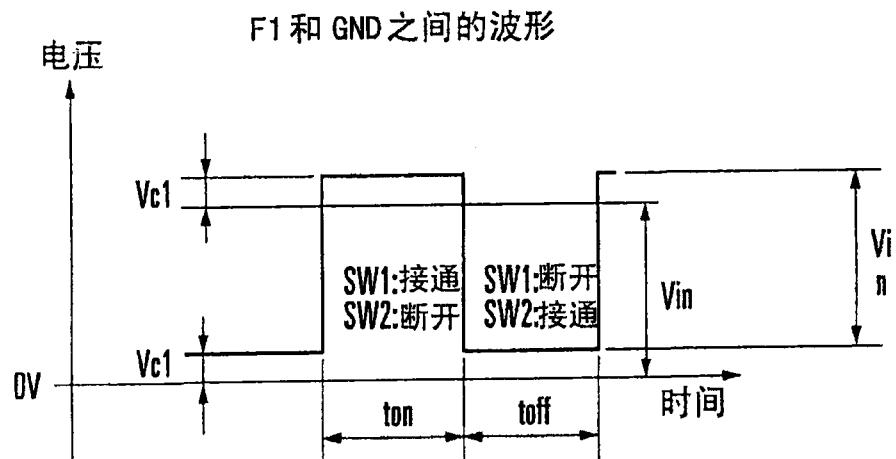


图 5

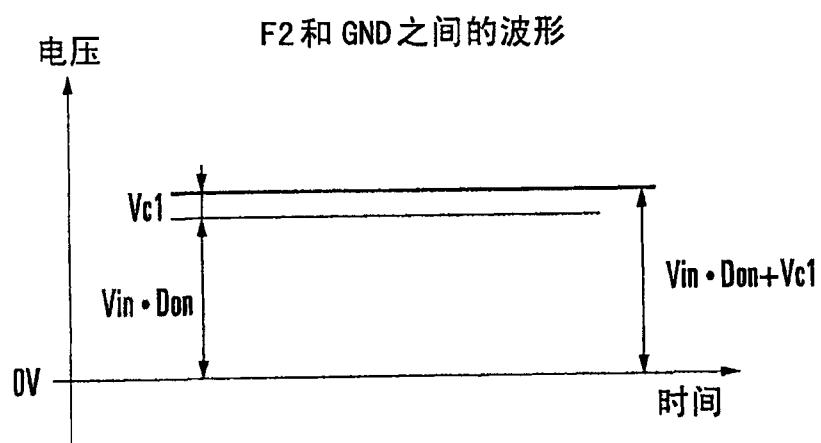


图 6

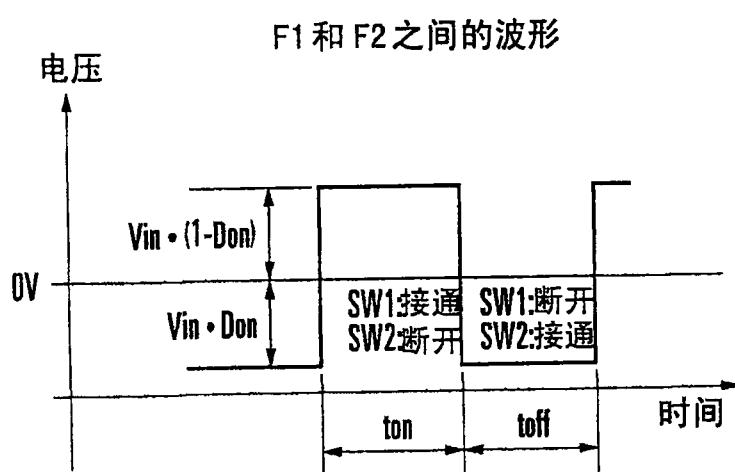


图 7

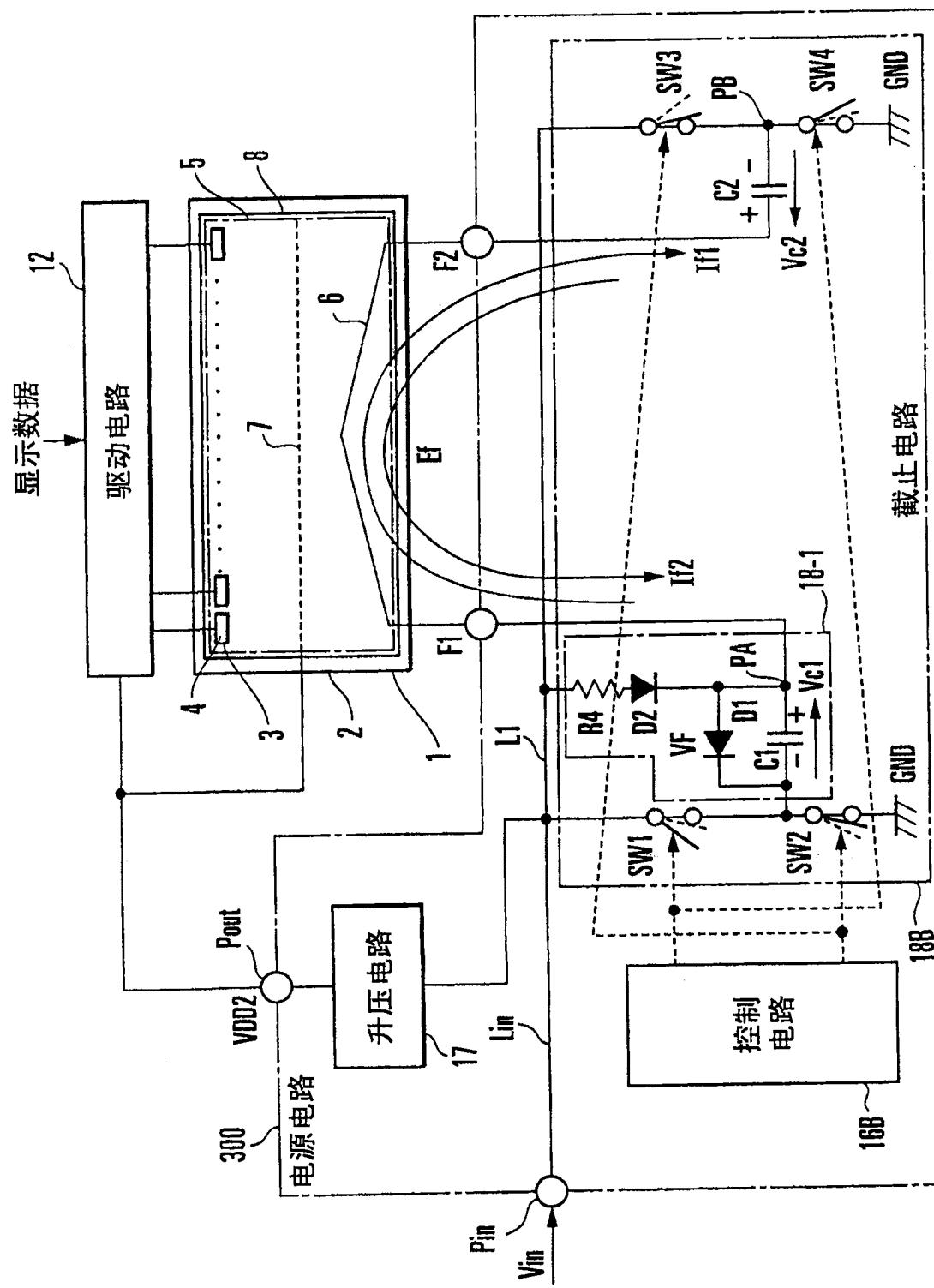


图 8

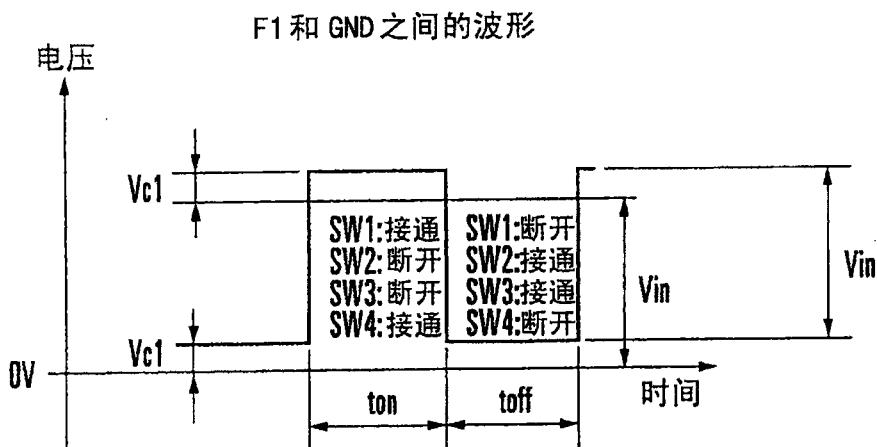


图 9

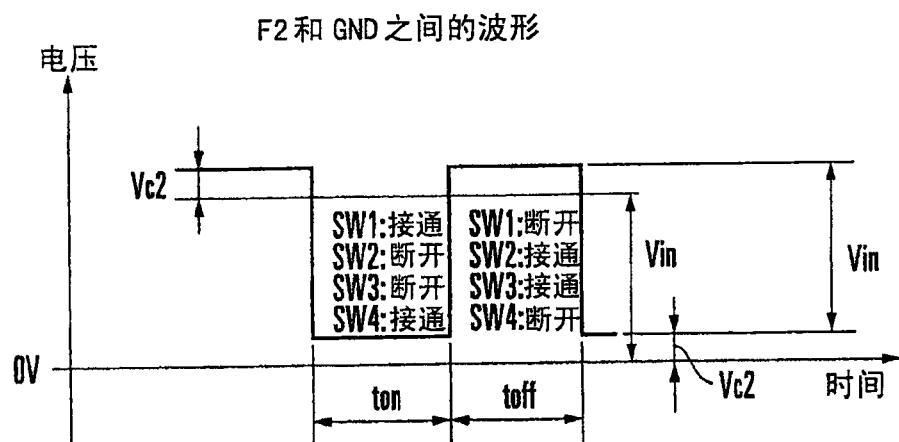


图 10

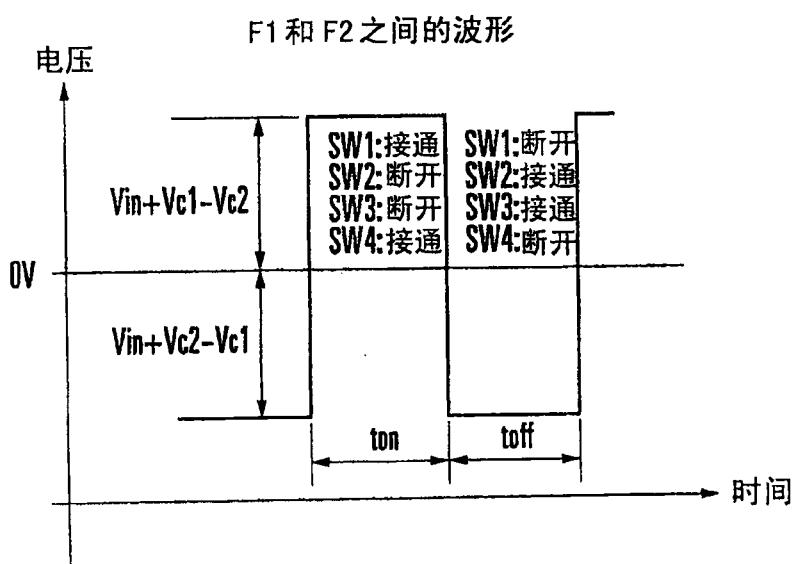


图 11

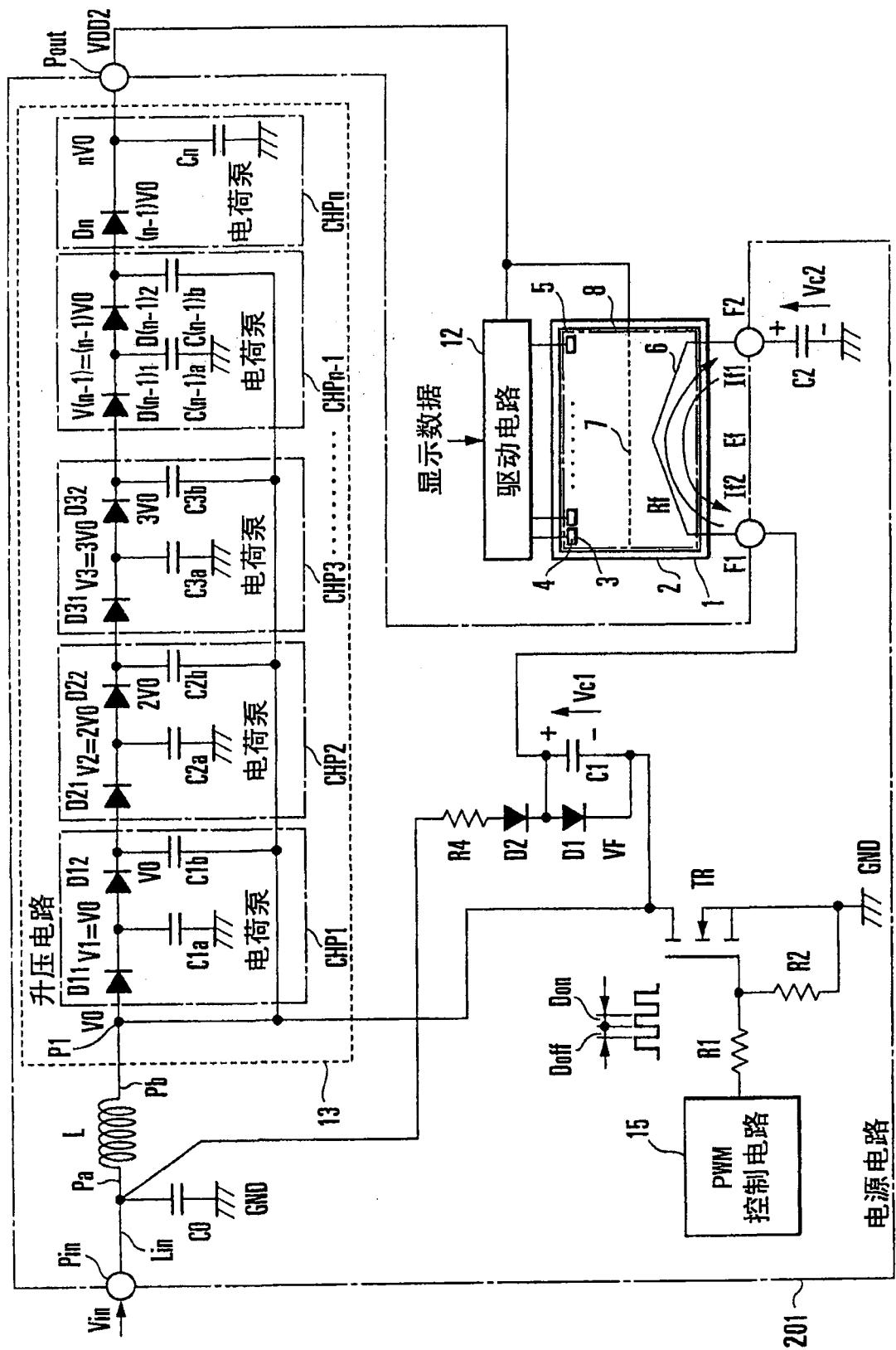


图 12

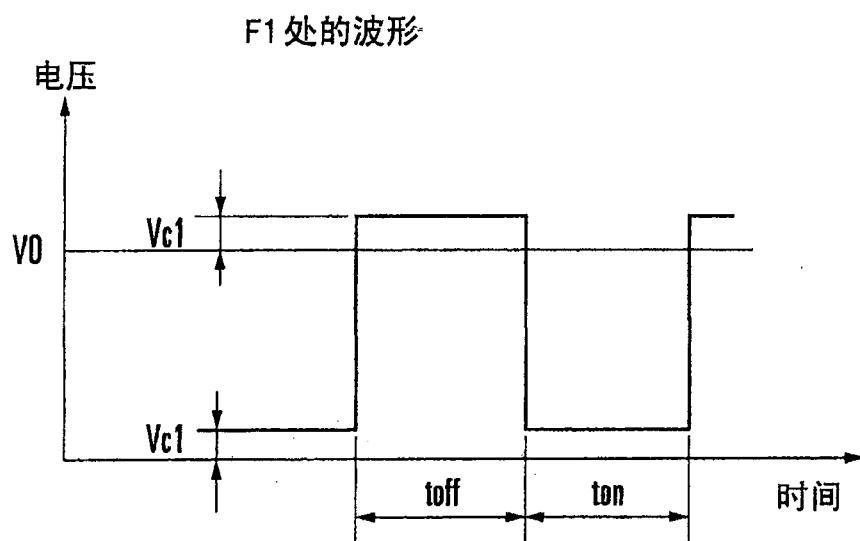


图 13

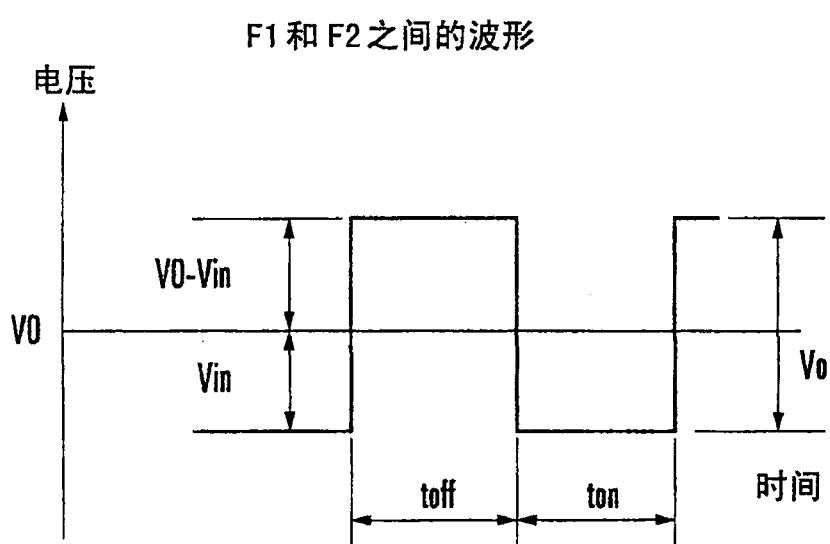


图 14

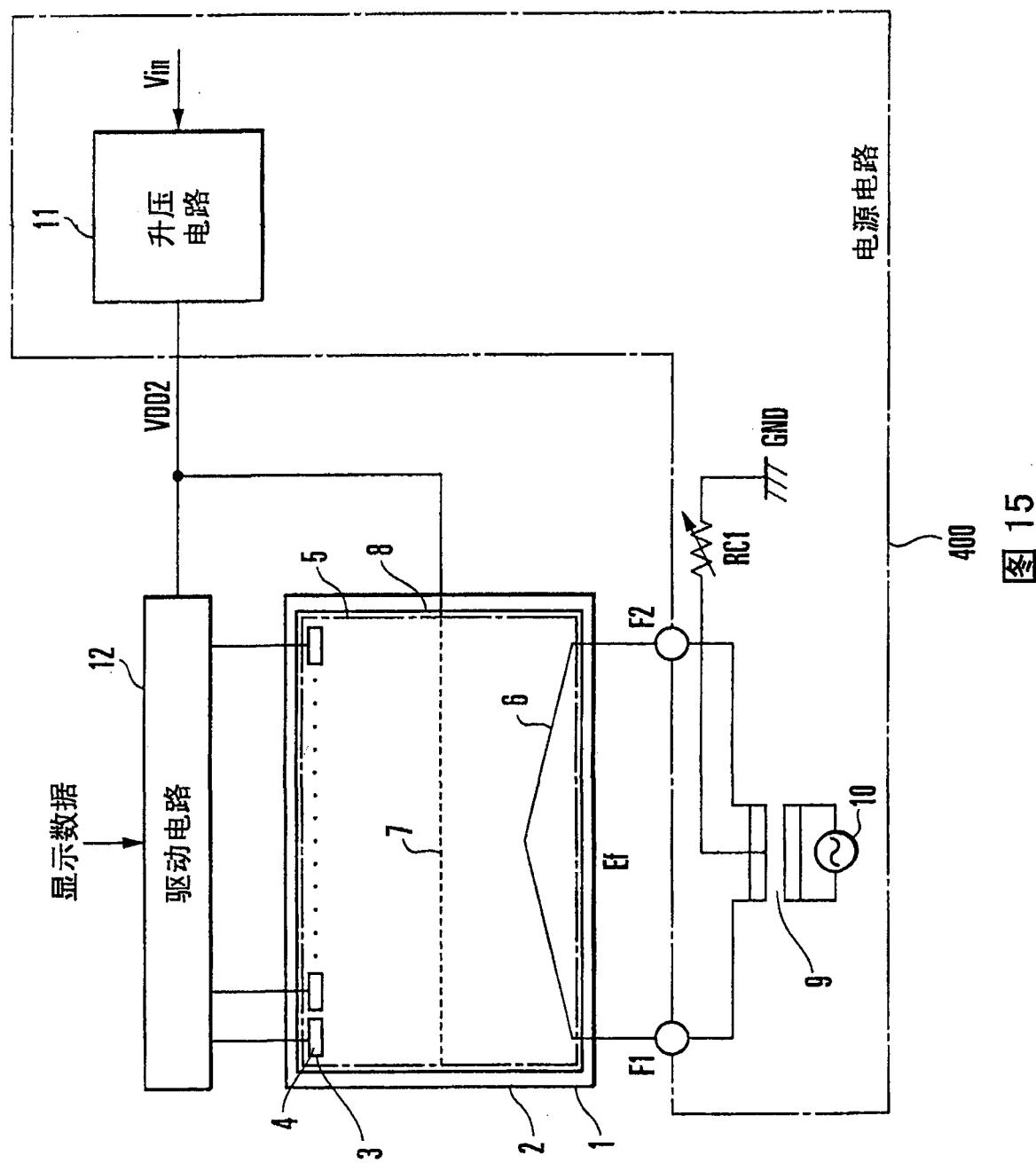


图 15

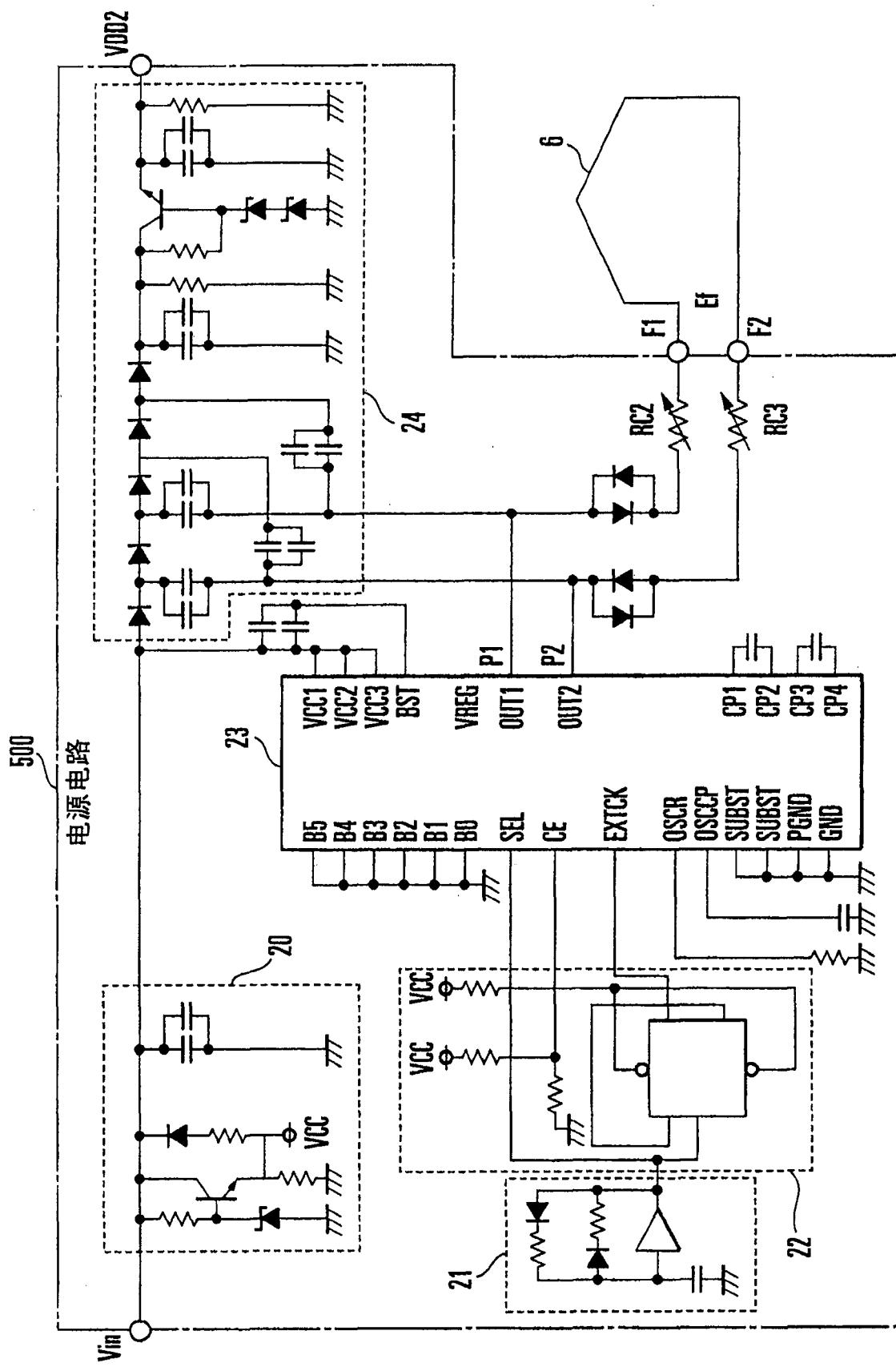


图 16

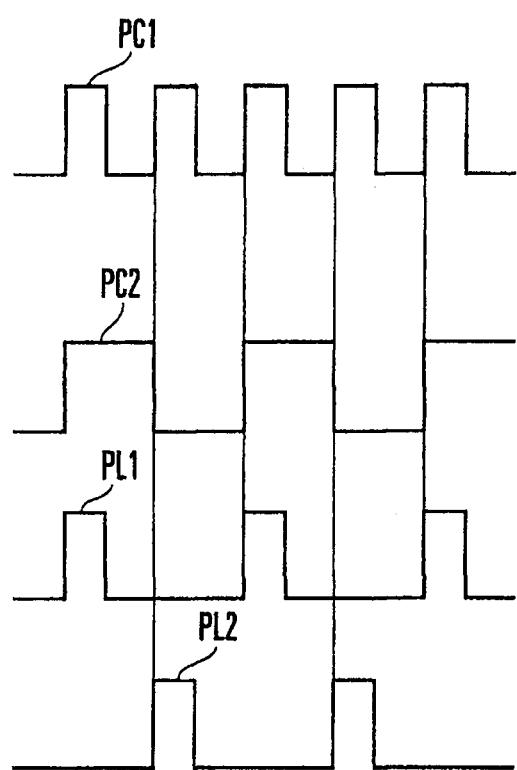


图 17