

(19) Japanese Patent Office (JP)		(11) Publication number	
(12) Laid-open Disclosure Public Patent Bulletin (A)		JP, 2012-160287,A	
		(P2012-160287A)	
(43) Publication Date: August 23, Heisei 24 (2012.8.23)			
(51) Int. Cl.	FI	Theme Code (Reference)	
H05B 37/02 (2006.01)	H05B 37/02 J	3K073	
Request for Examination: Not Requested			
Number of Claims: 14 OL (21 pages total)			
(21) Application Filing Number: Tokugan 2011-17939(P2011-17939)		(71) Applicant: 000005049	
(22) Application Filing Date: January 31, Heisei 23 (2011.1.31)		Sharp Corporation 22-22 Nagaike-Cho, Abeno-Ku, Osaka City	
		(74) Agent: 110000338	
		Harakenzo World Patent & Trademark Intellectual Property Law Firm	
		(72) Inventor: Ryoichi Masuda, c/o: Sharp Corporation 22-22 Nagaike-Cho, Abeno-Ku, Osaka City	
		F-term (reference): 3K073 AA42 BA09 CF01 CF10 CG01 CG10 CJ17 CM02	

(54) TITLE OF THE INVENTION:
LIGHT-EMITTING-DIODE LIGHTING ACTUATION CIRCUITRY

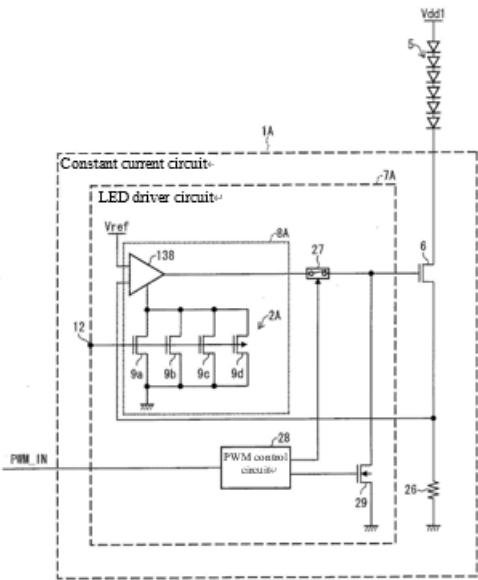
(57) ABSTRACT

OBJECTIVE: To reduce EMI noise of light-emitting-diode lighting actuation circuitries.

MEANS FOR ACHIEVING THE OBJECTIVE:

Constant current circuit 1A is provided with driving transistor 6, which controls the current that drives LED array 5, and LED driver circuit 7A, which controls driving transistor 6. LED driver circuit 7A has operational amplifier 7, which supplies driving pulses that control driving transistor 6 according to the driving-current-based voltage and the reference voltage, and operating-current control circuit 2A, which controls the rise and fall times of control pulses supplied by operational amplifier 7.

SELECTED DRAWING: Figure 2



WHAT IS CLAIMED IS:**CLAIM 1**

A light-emitting-diode lighting actuation circuitry, comprising:

A driving transistor that controls current that drives light-emitting diodes, and

An integrated circuit that controls the aforementioned driving transistor; wherein:

The aforementioned integrated circuit is characterized by supplying the aforementioned driving transistor with driving signals whose rise time and fall times are controllable.

CLAIM 2

The light-emitting-diode lighting activation circuitry according to Claim 1, wherein the aforementioned integrated circuit comprises:

A comparator-amplifier circuit, which supplies the aforementioned driving signals that control the aforementioned driving transistor according to the aforementioned driving-current-based voltage value and the reference voltage, and

An output control circuit, which is disposed between the aforementioned comparator-amplifier circuit and the aforementioned driving transistor so as to control the aforementioned driving signals.

CLAIM 3

The light-emitting-diode lighting activation circuitry according to Claim 2, wherein the aforementioned integrated circuit is provided with a circuit that controls the on/off of the aforementioned light-emitting diodes based on PWM signals provided for the adjustment of the brightness of the aforementioned light-emitting diodes, wherein:

The circuits that perform the aforementioned on/off control include:

A switch circuit group, one end of which is series-connected to the aforementioned comparator-amplifier circuit, and

A control circuit provided so as to turn on and off the aforementioned switch circuit group based on the aforementioned PWM signals;

The aforementioned switch circuit group includes at least a first switch circuit and a second switch circuit; and

The aforementioned output control circuit comprises:

A third switch disposed between the aforementioned driving transistor and one end of the aforementioned first switch circuit,

A fourth switch disposed between the aforementioned driving transistor and one end of the aforementioned second switch circuit, and

A switch control circuit, which controls the on/off of the aforementioned third and fourth switches, thereby changing the connection between the aforementioned switch group and the aforementioned driving transistor and thus changing the resistance value between the aforementioned driving transistor and the aforementioned comparator-amplifier circuit.

CLAIM 4

The light-emitting-diode lighting activation circuitry according to Claim 2, comprising:

Multiple parallel-connected resistors with different resistance values,

Multiple switches corresponding to the respective resistors, each of said multiple switches being placed between the aforementioned comparator-amplifier circuit and the aforementioned corresponding resistor, and

A switch control circuit that controls the on/off of each switch based on control signals so as to change the resistance value between the aforementioned driving transistor and the comparator-amplifier circuit.

CLAIM 5

The light-emitting-diode lighting activation circuitry according to Claim 1, wherein the aforementioned integrated circuit comprises:

A comparator-amplifier circuit that supplies driving signals that control the aforementioned driving transistor according to the aforementioned driving-current-based voltage value based on and the reference voltage, and

An operating-current control circuit provided in order to control the operating current of the aforementioned comparator-amplifier circuit to thereby control the aforementioned drive signals.

CLAIM 6

The light-emitting-diode lighting activation circuitry according to Claim 5, wherein the aforementioned operating-current control circuit -- in order to supply a constant current to the aforementioned comparator-amplifier circuit -- controls the operating current through the use of multiple current sources, a switch that adjusts the number of current sources used to supply the current, and a switch control circuit that controls the aforementioned switch based on control signals.

CLAIM 7

The light-emitting-diode lighting activation circuitry according to Claim 5, wherein the aforementioned operating-current control circuit comprises transistors provided in order to supply a constant current to the aforementioned comparator-amplifier circuit, doing so by adjusting the gate voltages of the aforementioned transistors to enable the adjustment of the constant current.

CLAIM 8

The light-emitting-diode lighting activation circuitry according to Claim 7, wherein the voltages at the gates of the aforementioned transistors are created by a resistive divider circuit.

CLAIM 9

The light-emitting-diode lighting activation circuitry according to Claim 1, wherein the aforementioned integrated circuit comprises:

A comparator-amplifier circuit, which supplies the aforementioned driving signals that control the aforementioned driving transistor according to the aforementioned driving-current-based voltage value and the reference voltage, and

An output-current control circuit provided in order to control the output current of the aforementioned comparator-amplifier circuit to thereby control the aforementioned drive signals.

CLAIM 10

The light-emitting-diode lighting activation circuitry according to Claim 9, wherein the aforementioned output-current control circuit -- in order to control the output current from the aforementioned comparator-amplifier circuit -- comprises:

A switch that adjusts the number of output buffers connected to the aforementioned driving transistor, and

A switch control circuit that controls the on/off of the aforementioned switch based on control signals.

CLAIM 11

The light-emitting-diode lighting activation circuitry according to any one of claims 3, 4, 6, and 10, wherein

The aforementioned control signals are input through a control terminal provided in the aforementioned integrated circuit, and

The aforementioned control signals represent the control values of the aforementioned driving signals.

CLAIM 12

A light-emitting-diode lighting actuation circuitry, comprising:

A driving transistor that controls the current that drives light-emitting diodes, and

An integrated circuit that controls the aforementioned driving transistor; wherein:

The aforementioned integrated circuit comprises:

A comparator-amplifier circuit that supplies driving signals that control the aforementioned driving transistor according to the aforementioned driving-current-based voltage and the reference voltage, and

A filter circuit that is arranged between the aforementioned comparator-amplifier circuit and the aforementioned driving transistor, said filter circuit being used to adjust the rise and fall times of the aforementioned driving signals supplied by the aforementioned comparator-amplifier circuit.

CLAIM 13

The light-emitting-diode lighting activation circuitry according to Claim 12, wherein the aforementioned filter circuit comprises at least either, or both, a variable resistor or/and a variable capacitor.

CLAIM 14

The light-emitting-diode lighting activation circuitry according to any one of claims 1, 2, and 4 through 12, further comprising a switch control circuit that controls the on/off of the switch provided between the aforementioned driving transistor and the aforementioned comparator-amplifier circuit, doing so based on PWM signals provided for the adjustment of the brightness of the aforementioned light-emitting diodes.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION**TECHNOLOGICAL FIELD**

[0001]

The present invention pertains to a light-emitting-diode lighting actuation circuitry comprising a single light source consisting of a collective body of multiple light-emitting elements, such as LEDs (light emitting diodes), said light-emitting-diode lighting actuation circuitry being capable of controlling the lighting actuation of said light source acting as the illuminating light to any given brightness.

BACKGROUND ART

[0002]

In conjunction with the rapid advancement in the performance of LEDs in recent years, LEDs that emit white light (indispensable for illumination) have been developed, now offering the ability to produce light with a sufficient luminance level for illumination purposes.

[0003]

Figure 13 shows a circuit diagram that illustrates the configuration of a conventional light-emitting-diode lighting actuation circuitry. The light-emitting-diode lighting actuation circuitry is provided with LED array 95 with six LEDs connected in series, power supply Vdd1 for the actuation of the lighting of LED array 95 is connected to one end of LED array 95, and constant current circuit 91 connected to the other end of LED array 95.

[0004]

Constant current circuit 91 is provided with the following elements:

Driving transistor 96 consisting of a power MOS transistor connected to the other end of LED array 95, such driving transistor 96 controlling the current that drives LED array 95,

Resistor 76 connected to LED array 95 on the opposite side from driving transistor 96, and

LED driver circuit 97 consisting of an integrated circuit that controls driving transistor 96.

[0005]

LED driver circuit 97 has various features that make it possible to control the LEDs' brightness, drive multiple LEDs, detect the LEDs' open circuits, detect short circuits, etc., among which only operational amplifier 98 (which controls the constant current flowing to LED array 95) and PWM control circuit 78 (which controls the brightness) are shown in Figure 13.

[0006]

LED driver circuit 97 has operational amplifier 98, which supplies control pulses to driving transistor 96 via switch circuit 77 so as to control driving transistor 96, doing so according to reference voltage V_{ref} and voltage V_0 , which is based on the driving current supplied from driving transistor 96 to LED array 95.

[0007]

As shown in Figure 13, a constant current circuit comprises operational amplifier 98 provided in LED driver circuit 97, driving transistor 96, and resistor 76. The lighting of LEDs constituting LED array 95 is actuated based on the current determined by reference voltage V_{ref} (which is input through the V_{ref} terminal) and the resistance value of resistor 76.

[0008]

Furthermore, LED driver circuit 97 is provided with the ability to adjust the brightness of the LEDs based on the PWM waveform input through the terminal PWM_IN. LED driver circuit 97 has PWM control circuit 78 and pull-down transistor 79. PWM control circuit 78 controls switch circuit 77 and pull-down transistor 79 based on the PWM waveform input through the terminal PWM_IN.

[0009]

Specifically, PWM control circuit 78 turns on switch circuit 77 but turns off pull-down transistor 79 when the PWM waveform input through the terminal PWM_IN is "H." In this state, the aforementioned constant current flows into driving transistor 96, thereby causing the LEDs to light up. When the PWM waveform is "L," PWM control circuit 78 turns off switch

circuit 77 but turns on pull-down transistor 79. In this state, transistor 96 is turned off, causing the lights of the LEDs to be turned off. The brightness of the LEDs can be adjusted by repeatedly turning on and off the LEDs as described above.

[0010]

In such an LED lighting actuation circuitry, driving transistor 96 must have a large driving capability in order to accommodate the on/off cycles with a periodicity at which one will not notice/feel flickers caused by such LED on/off cycles and also to prevent flickers from occurring from the impact of fluctuations in the power supply voltage, etc.

[0011]

However, suppose that there is a significant difference between reference voltage V_{ref} and voltage V_0 (which is based on the driving current). In this case, driving transistor 96 is significantly biased, rapidly increasing voltage V_0 to reference voltage V_{ref} in order to eliminate the voltage difference between reference voltage V_{ref} and voltage V_0 . Such a steep change in voltage V_0 generates EMI (Electromagnetic Interference) noise and affects other devices.

[0012]

One way to prevent the generation of such EMI noise would be to prepare two transistors equivalent to driving transistor 96 and keep the driving capability of one of the transistors at a low level so that the transistor with low driving capability can be used when the voltage fluctuates greatly upon activation of power, as disclosed in Patent Literature 1.

PRIOR ART DOCUMENT

[Patent Literature]

[0013]

[Patent Literature 1] JP, 2001-282371, A (published on October 12, 2001)

SUMMARY OF THE INVENTION

PROBLEMS TO BE RESOLVED BY THE INVENTION

[0014]

However, when LEDs are used for illumination purposes, it is necessary to supply high voltage and large current to the LEDs; consequently, driving transistor 96 used herein must be a transistor that is processed and thus created to be able to withstand high voltages. However, LED driver circuit 97, which controls a large current as mentioned above, may also operate at low voltage. Therefore, in the case that driving transistor 96 is embedded in LED driver circuit 97, the entire LED driver circuit 97 must be processed and thus created so as to be able to withstand high voltages, which leads to higher costs. Therefore, LED driver circuit 97 and

driving transistor 96 must be separate components. However, when LED driver circuit 97 and driving transistor 96 are separate components, wiring is required between the two. The occurrence of EMI noise also varies depending on the state of the wiring. Consequently, the driving capability must be altered according to said state, thus leading to another problem, i.e., transistors must be selected for each LED lighting product with different wiring conditions.

[0015]

It is possible to prevent EMI noise by using transistors with different driving capabilities as illustrated in Patent Literature 1. However, in order to use transistors with different driving capabilities, it is necessary to prepare multiple transistors separately from LED driver circuit 97, which will increase the number of components, leading to higher costs.

[0016]

The purpose of the invention is to provide a light-emitting-diode lighting actuation circuitry that can reduce the occurrence of EMI noise, doing so at a low cost.

MEANS FOR ACHIEVING THE OBJECTIVE

[0017]

The light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to the present invention is provided with a driving transistor that controls the driving current for the light-emitting diodes and an integrated circuit that controls the aforementioned driving transistor. The aforementioned integrated circuit is characterized by supplying the driving transistor with driving signals whose rise time and fall times are controllable.

[0018]

This characteristic feature makes it possible to control the driving signals' rise and fall times, thus making it possible to reduce the differential velocity (dv/dt) of the driving signals by controlling the driving signals' rise and fall times to be longer. EMI noise of a circuit depends on the dv/dt of the driving signals. Accordingly, EMI noise of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry can be reduced, at a low cost, by increasing the duration of the driving signals' rise and fall times.

[0019]

In the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to the present invention, the aforementioned integrated circuit preferably has the following elements:

A comparator-amplifier circuit, which supplies the aforementioned driving signals that control the aforementioned driving transistor according to the aforementioned driving-current-based voltage value and the reference voltage, and

An output control circuit, which is disposed between the aforementioned comparator-amplifier circuit and the aforementioned driving transistor so as to control the aforementioned driving signals.

[0020]

The above-mentioned configuration makes it possible to reduce the dv/dt of the driving signals supplied by the comparator-amplifier circuit, doing so with a simple configuration, thereby reducing the EMI noise of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry at a low cost.

In the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to the present invention, it will be preferable if the aforementioned integrated circuit is provided with circuits that control the on/off of the aforementioned light-emitting diodes based on PWM signals provided for adjusting the brightness of the aforementioned light-emitting diodes, wherein:

The circuits that perform the aforementioned on/off control include the following circuits:

A switch circuit group, one end of which is series-connected to the aforementioned comparator-amplifier circuit, and

A control circuit provided so as to turn on and off the aforementioned switch circuit group based on the aforementioned PWM signals;

The aforementioned switch circuit group comprises at least a first switch circuit and a second switch circuit; and

Said output control circuit comprises the following elements:

A third switch disposed between the aforementioned driving transistor and one end of the aforementioned first switch circuit,

A fourth switch disposed between the aforementioned driving transistor and one end of the aforementioned second switch circuit, and

A switch control circuit, which controls the on/off of the aforementioned third and fourth switches, thereby changing the connection between the aforementioned switch group and the aforementioned driving transistor and thus changing the

resistance value between the aforementioned driving transistor and the aforementioned comparator-amplifier circuit.

[0021]

The above-mentioned configuration makes it possible to reduce the dv/dt of the driving signals coming from the comparator-amplifier circuit, doing so by using a switch circuit for brightness adjustment. This makes it possible to reduce the EMI noise of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry at a low cost and achieve control for the driving signals' rise/fall times and the pulse control by the PWM control circuit at the same time.

[0022]

In the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to the present invention, the aforementioned output control circuit preferably comprises the following elements:

Multiple parallel-connected resistors with different resistance values,

Multiple switches corresponding to the respective resistors, each of said multiple switches being placed between the aforementioned comparator-amplifier circuit and the aforementioned corresponding resistor, and

A switch control circuit that controls the on/off of each switch based on control signals to thereby change the resistance value between the aforementioned driving transistor and the comparator-amplifier circuit.

[0023]

The above-mentioned configuration makes it possible to reduce the dv/dt of the driving signals coming from the comparator-amplifier circuit, doing so by providing a resistor at the output of the comparator-amplifier circuit. This makes it possible to reduce the EMI noise of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry at a low cost.

[0024]

In the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to the present invention, the aforementioned integrated circuit preferably has the following elements:

A comparator-amplifier circuit that supplies driving signals that control the aforementioned driving transistor according to the aforementioned driving-current-based voltage value and the reference voltage, and

An operating-current control circuit provided for controlling the aforementioned drive signals by controlling the operating current of the aforementioned comparator-amplifier circuit.

[0025]

The above-mentioned configuration makes it possible to adjust the driving capability of the comparator-amplifier circuit by controlling the operating current of the comparator-amplifier circuit, thereby reducing the dv/dt of the driving signals supplied by the comparator-amplifier circuit, thus reducing the EMI noise of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry at a low cost.

[0026]

In order to supply a constant current to the comparator-amplifier circuit, the aforementioned operating-current control circuit, in the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to the present invention, preferably controls the operating current through the use of multiple current sources, a switch that adjusts the number of current sources used to supply the current, and a switch control circuit that controls the aforementioned switch based on control signals.

[0027]

The above-mentioned configuration makes it possible to change the number of transistors in the constant current source, i.e., change the constant current value by changing the transistor size, so as to change the driving capability of the comparator-amplifier circuit, thereby reducing the dv/dt of the driving signals, thus reducing the EMI noise of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry at a low cost.

[0028]

In the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to the present invention, the aforementioned operating-current control circuit preferably comprises transistors provided in order to supply a constant current to the aforementioned comparator-amplifier circuit, doing so by adjusting the gate voltages of the aforementioned transistors to enable the adjustment of the constant current.

[0029]

The above-mentioned configuration makes it possible to change the constant current value of the comparator-amplifier circuit based on logic signals (which are input externally) so as to reduce the dv/dt of control pulses supplied from the comparator-amplifier circuit, thereby reducing EMI noise in the light-emitting-diode lighting actuation circuitry at a low cost.

[0030]

In the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to the present invention, the voltages at the gates of the aforementioned transistors are preferably created by a resistive divider circuit.

[0031]

The above-mentioned configuration allows the gate voltages to be created with a simple configuration.

[0032]

In the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to the present invention, the aforementioned integrated circuit preferably has the following elements:

A comparator-amplifier circuit that supplies the aforementioned driving signals that control the aforementioned driving transistor according to the aforementioned driving-current-based voltage value and the reference voltage, and

An output-current control circuit provided for controlling the aforementioned drive signals by controlling the output current of the aforementioned comparator-amplifier circuit.

[0033]

The above-mentioned configuration makes it possible to control the output current of the comparator-amplifier circuit so as to increase the duration of the driving signals' rise and fall times.

[0034]

In order to control the output current from the comparator-amplifier circuit, the aforementioned output-current control circuit, in the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to the present invention, preferably comprises a switch that adjusts the number of output buffers connected to the aforementioned driving transistor and a switch control circuit that controls the on/off of the aforementioned switch based on control signals.

[0035]

The above-mentioned configuration makes it possible to control the output current of the comparator-amplifier circuit with a simple configuration.

[0036]

In the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to the present invention, it will be preferable if:

The aforementioned control signals are input through a control terminal provided in the aforementioned integrated circuit, and

The aforementioned control signals represent the control values of the aforementioned driving signals.

[0037]

The above-mentioned configuration makes it possible to control the driving signals' rise and fall times from outside the integrated circuit.

[0038]

The light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to the present invention is provided with a driving transistor that controls the light-emitting-diode driving current and an integrated circuit that controls the aforementioned driving transistor, said integrated circuit being characterized by comprising the following elements:

A comparator-amplifier circuit that supplies driving signals that control the aforementioned driving transistor according to the aforementioned driving-current-based voltage and the reference voltage, and

A filter circuit that is arranged between the aforementioned comparator-amplifier circuit and the aforementioned driving transistor, such a filter circuit being used to adjust the rise and fall times of the driving signals supplied by the aforementioned comparator-amplifier circuit.

[0039]

Such a characteristic feature makes it possible to adjust the rise and fall times of driving signals supplied by the comparator-amplifier circuit, thereby making it possible to reduce the dv/dt of the control signals by adjusting the durations of the control signals' rise and fall times to be longer. EMI noise of a circuit depends on the dv/dt of the control signals; accordingly, EMI noise of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry can be reduced, at a low cost, by increasing the duration of the driving signals' rise and fall times.

[0040]

In the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to the present invention, the aforementioned filter circuit preferably comprises at least either, or both, a variable resistor or/and a variable capacitor.

[0041]

The above-mentioned characteristic feature makes it possible to adjust at least either, or both, a variable resistor or/and a variable capacitor so as to reduce the dv/dt of control pulses supplied by the comparator-amplifier circuit, thereby reducing the EMI noise of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry at a low cost.

[0042]

It will be preferable if the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to the present invention further comprises a switch control circuit that controls -- based on PWM signals for the adjustment of brightness of the aforementioned light-emitting diodes -- the

on/off of the switch provided between the aforementioned driving transistor and the aforementioned comparator-amplifier circuit.

EFFECTS OF THE INVENTION

[0043]

The light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to the present invention can reduce the differential velocity (dv/dt) of control pulses supplied by the comparator-amplifier circuit because it is provided with a control means for controlling the rise time and fall time of the control pulses. Because the EMI noise of a circuit depends on the dv/dt of the control pulse, the EMI noise of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry can be reduced, at a low cost, by increasing the duration of the driving pulse's rise and fall times.

BRIEF EXPLANATION OF THE DRAWINGS

[0044]

Figure 1 shows a circuit diagram that illustrates the basic principle of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to an embodiment.

Figure 2 shows a circuit diagram that illustrates the basic concept of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to Embodiment 1.

Figure 3 shows a circuit diagram that illustrates a configuration of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to Embodiment 1.

Figure 4 illustrates the truth table used in the operation of the above-mentioned light-emitting-diode lighting actuation circuitry.

Figure 5 shows a circuit diagram that illustrates another configuration of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to Embodiment 1.

Figure 6 shows a circuit diagram that illustrates a configuration of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to Embodiment 2.

Figure 7 shows a circuit diagram that illustrates a configuration of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to Embodiment 3.

Figure 8 shows a circuit diagram that illustrates another configuration of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to Embodiment 3.

Figure 9 shows a circuit diagram that illustrates yet another configuration of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to Embodiment 3.

Figure 10 shows a circuit diagram that illustrates yet another configuration of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to Embodiment 3.

Figure 11 shows a circuit diagram that illustrates a configuration of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to Embodiment 4.

Figure 12 shows a circuit diagram that illustrates another configuration of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to Embodiment 4.

Figure 13 shows a circuit diagram that illustrates the configuration of a conventional light-emitting diode lighting actuation circuitry.

EMBODIMENT OF THE INVENTION

[0045]

The following is an explanation of one embodiment of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to the present invention with reference to figures 1 to 13:

[0046]

(Basic Principle of the Present Invention)

Figure 1 shows a circuit diagram that illustrates the basic principle of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to an embodiment. The light-emitting-diode lighting actuation circuitry is provided with LED array 5 with six LEDs connected in series, power supply Vdd1 connected to one end of LED array 5 so as to activate the lighting of LED array 5, and constant current circuit 1 connected to the other end of LED array 5.

[0047]

Constant current circuit 1 is provided with the following elements:

Driving transistor 6 consisting of a power MOS transistor connected to the other end of LED array 5, such driving transistor 6 controlling the current that drives LED array 5,

Resistor 26 connected to LED array 5 on the opposite side from driving transistor 6, and

LED driver circuit 7 consisting of an integrated circuit that controls driving transistor 6.

[0048]

LED driver circuit 7 is equipped with various features that make it possible to control the LEDs' brightness, drive multiple LEDs, detect the LEDs' open circuits, detect short circuits, etc., among which only operational amplifier 8 (which controls the constant current flowing to LED array 5) and PWM control circuit 28 (which controls the brightness) are shown in Figure 1.

[0049]

LED driver circuit 7 has operational amplifier 8. Operational amplifier 8 supplies control pulses to driving transistor 6 via switch circuit 27 so as to control driving transistor 6, doing so according to reference voltage V_{ref} and voltage V_0 which is based on the driving current supplied from driving transistor 6 to LED array 5.

[0050]

As shown in Figure 1, a constant current circuit comprises operational amplifier 8 (which is provided in LED driver circuit 7), driving transistor 6, and resistor 26. The LEDs constituting LED array 5 are turned on based on the current determined by reference voltage V_{ref} (which is input through the V_{ref} terminal) and the resistance value of resistor 26.

[0051]

Furthermore, LED driver circuit 7 is provided with the ability to adjust the brightness of the LEDs based on PWM waveform input through the terminal PWM_IN. LED driver circuit 7 has PWM control circuit 28 and pull-down transistor 29. PWM control circuit 28 controls switch circuit 27 and pull-down transistor 29 based on the PWM waveform input through the terminal PWM_IN.

[0052]

Specifically, PWM control circuit 28 turns on switch circuit 27 but turns off pull-down transistor 29 when the PWM waveform input through the terminal PWM_IN is "H." In this state, the aforementioned constant current flows into driving transistor 6, thereby activating the lighting of the LEDs. When the PWM waveform is "L," PWM control circuit 28 turns off switch circuit 27 but turns on pull-down transistor 29. In this state, driving transistor 6 is turned off, and the lighting of the LEDs is deactivated. The brightness of the LEDs can be adjusted by repeatedly turning on and off the LEDs as described above.

[0053]

Constant current circuit 1 shown in Figure 1 differs from the conventional constant current circuit 91 shown in Figure 13 above. Control terminal 12 has been added to LED driver circuit 7. The rise (fall) time (dv/dt) of control pulses V_0 that drive transistor 6 (which controls the LED lighting-activation current) can be controlled by controlling the control signals input through said control terminal 12.

[0054]

EMI (Electromagnetic Interference) noise is generated upon a sudden rise in control pulses V_0 that drives LED array 5. Because EMI noise depends on the dv/dt , the duration of control

pulses' rise and fall times can be extended by dampening the control pulses' rise and fall times, thereby preventing the occurrence of EMI noise.

[0055]

In the circuitry shown in Figure 1, power supply Vdd1 and constant current circuit 1 are connected to LED array 5 in order to activate the lighting of LED array 5, which consists of six LEDs connected in series. For example, suppose that the forward voltage drop V_F is 3.6V (typ.), and the LED array consists of light-emitting diodes that emit white light. In this case, the voltage drop in LED array 5 is 21.6V, which is the sum of the forward voltage drops V_F s of the LEDs. If the voltage value of power supply Vdd1 is 30V, the voltage at the LED-array-5 side of driving transistor 6 would be 8.4V.

[0056]

If the forward voltage drop V_F is 2.1V (typ.) and the LED array consists of light-emitting diodes that emit orange light, the voltage drop at LED array 5 is 12.6V, which is the sum of the forward voltage drops V_F of the LEDs. Similarly, if the voltage value of power supply Vdd1 is 30V, the voltage at the LED-array-5 side of driving transistor 6 would be 17.4V.

[0057]

As such, even if the same power supply, Vdd1, is used to activate the lighting of the LEDs, there will be a difference in the voltage applied to driving transistor 6 depending on the number of LEDs whose lights are turned on as well as the number of LEDs to be connected. Also, once the circuitry is converted into commercial lighting products, wiring, etc., are arranged between LED array 5 and driving transistor 6 — such wiring, etc., having different lengths from one product to another. Consequently, driving transistor 6 is affected by different parasitic elements depending on the product. As such, various changes in situations as described above cause differences in how the current flows when driving transistor 6 is turned on.

[0058]

To accommodate these situations, LED driver circuit 7 shown in Figure 1 is configured to control the control signals input through control terminal 12 so as to control the rise (fall) times (dv/dt) of control pulses VoP that drive driving transistor 6.

This allows lighting equipment provided with LED driver circuit 7 to be adjusted, making it possible to prevent the generation of EMI noise for each product.

[0059]

The following is an explanation of an example of a specific circuit that controls the dv/dt of control pulses VoP in order to drive LED array 5.

[0060]

Embodiment 1

(Basic Concept)

Figure 2 shows a circuit diagram that illustrates the basic concept of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to Embodiment 1. The same reference codes are assigned to any constituent elements identical to those previously mentioned; accordingly, the detailed description thereof is not repeated hereafter.

[0061]

The light-emitting-diode lighting actuation circuitry is provided with constant current circuit 1A. Constant current circuit 1A has LED driver circuit 7A. Operational amplifier 8A in LED driver circuit 7A is provided with operating-current control circuit 2A. The illustration of the constant current source that supplies the current to differential part 138 of operational amplifier 8A is omitted from the figure in order to schematically illustrate operating-current control circuit 2A. Operating-current control circuit 2A has four transistors, 9a, 9b, 9c, and 9d, that are arranged in parallel with respect to each other so as to supply constant current. The gates of transistors 9a, 9b, 9c, and 9d are respectively coupled to control terminal 12.

[0062]

Figure 2 shows the concept of controlling the operating current of operational amplifier 8A so as to change the driving capability. Operational amplifier 8A comprises a constant current functionality in operating-current control circuit 2A, whereby it determines the current that can flow through the entire circuit. A low constant current also slows down the charging of the capacitive load, which is tied to the output of operational amplifier 8A, thus resulting in a lower driving capability of operational amplifier 8A. Conversely, the higher the constant current, the faster the capacitive load is charged, leading to a higher driving capability.

[0063]

LED driver circuit 7A, shown in Figure 2, changes the constant current supplied to differential part 138 of operational amplifier 8A by means of changing the number of transistors. The number of transistors of the constant current source is altered according to the value of the control voltage input through control terminal 12, thus changing the driving capability. In other words, the constant current value supplied to differential part 138 of operational amplifier 8A can be changed by changing the transistor size. This makes it possible to change the driving capability of operational amplifier 8A.

[0064]

As mentioned above, the change in the driving capability of operational amplifier 8A and the charging speed of the capacitive load have the aforementioned relationship. In other words, when the driving capability is lowered, the charging speed and, thus, the change in output slows down, thus decelerating the rise and fall times. Conversely, if the driving capability is enhanced, the charging speed will be faster, thus accelerating the rise and fall times. As such, the rise (fall) time (dv/dt) of control pulses VoP that drive transistor 6 (which controls the LED lighting current) can be controlled by changing the driving capability of operational amplifier 8A.

[0065]

(Light-Emitting-Diode Lighting Actuation Circuitry According to Embodiment 1)

Figure 3 shows a circuit diagram that illustrates a configuration of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to Embodiment 1. The same reference codes are assigned to any constituent elements identical to those previously mentioned; accordingly, the detailed description thereof is not repeated hereafter. Figure 3 shows an example provided with a circuitry that uses a common differential amplifier circuit to change the constant current.

[0066]

The light-emitting-diode lighting actuation circuitry is provided with constant current circuit 1B. And constant current circuit 1B has LED driver circuit 7B. LED driver circuit 7B comprises operational amplifier 8B. Differential part 138 in operational amplifier 8B is provided with four transistors 9a, 9b, 9c, and 9d that are arranged in parallel with respect to each other in order to supply a constant current, as shown in Figure 3. The gates of transistors 9a, 9b, 9c, and 9d are respectively coupled to bias circuit 34.

[0067]

Switch 10a is provided between transistor 9a and differential part 138. Transistor 10b is provided between transistor 9b and differential part 138. Transistor 10c is provided between transistor 9c and differential part 138.

[0068]

Transistor 35 is provided between differential part 138 and driving transistor 6. The gate of the transistor 35 is connected to differential part 138. The drain of transistor 35 is connected to the gate of driving transistor 6.

[0069]

The gate of driving transistor 6 is provided with four transistors, 30a, 30b, 30c, and 30d, which are arranged in parallel with respect to each other. The gates of transistors 30a, 30b, 30c, and 30d are respectively coupled to bias circuit 34.

[0070]

Transistor 31a is disposed between transistor 30a and the gate of driving transistor 6. Transistor 31b is provided between transistor 30b and the gate of driving transistor 6. Transistor 31c is provided between transistor 30c and the gate of driving transistor 6.

[0071]

LED driver circuit 7B is provided with switch control circuit 11 that controls the on/off of transistors 10a, 10b, and 10c as well as transistors 31a, 31b, and 31c based on the control signals input through control terminals 12A and 12B. Switch control circuit 11 has selector 32 and logic elements 33a and 33b.

[0072]

Figure 4 illustrates the truth table used in the operation of the above-mentioned light-emitting-diode lighting actuation circuitry. Selector 32 receives inputs A and B through control terminals 12A and 12B, respectively, and supplies outputs Q1, Q2, Q3, and Q4 according to the truth

table shown in Figure 4. Logic element 33a supplies control signal Q6 to transistors 10b and 31b based on outputs Q1 and Q2, doing so according to the truth table shown in Figure 4. Output Q1 is supplied, in the as-is state but as control signal Q5, to transistors 10a and 31a and thus controls the on/off operation. Logic element 33a supplies control signal Q7 to transistors 10c and 31c based on output Q4, doing so according to the truth table shown in Figure 4.

[0073]

The constant current created by bias circuit 34 is transmitted to transistors 9a through 9d and 30a through 30d. Then, the same constant current as that is created by bias circuit 34 flows through transistors 9a through 9d and 30a through 30d.

[0074]

Transistors 9a through 9d provide a constant current to the differential stage (operational amplifier 8). The constant currents flowing through transistors 9a through 9d are selectively applied to the differential stage through the use of transistors 10a through 10c.

[0075]

In other words, if transistors 10a through 10c are all on, the constant current applied to the differential stage will be the sum of the currents flowing through transistors 9a through 9d. When this state is referred to as "1," three-quarters ($3/4$) of the constant current is applied to the differential stage when transistor 10a is turned off; three-quarters ($2/4$ or $1/2$) of the constant current is applied to the differential stage when transistor 10a and 10b are turned off; and a quarter ($1/4$) of the constant current is applied to the differential stage when transistor 10a, 10b, and 10c are turned off.

[0076]

Transistors 30a through 30d provide a constant current to the output stage. Similarly to the above-mentioned example, the size of the current can be altered by switching transistors 31a through 31c on and off.

[0077]

Selector 32 and logic circuits 33a and 33b control the on/off of transistors 10a through 10c and 31a through 31c.

[0078]

Transistors 10a through 10c and 31a through 31c are switches that conduct current when the control signal is "1." They consist, for example, of Nch transistors. Figure 4 shows the truth table that shows the values in that state. LED driver circuit 7B is provided with control terminals 12A and 12B, through which inputs A and B are supplied.

[0079]

The combination of the two values (0 and 1) of inputs A and B results in one of selector 32's outputs Q1 through Q4 being "1." The logic determines the state of control signals Q5 through Q7 that control transistors 10a through 10c and 31a through 31c according to the values shown in the truth table in Figure 4.

[0080]

This makes it possible to alter the size of the constant current flowing through operational amplifier 8 according to inputs A and B. Specifically, if $(A, B) = (0, 0)$, then all the constant currents thus created are used in the circuit in operational amplifier 8. When the value of the constant current in this state is “1,” then the transistors 10a and 31a will be turned off if $(A, B) = (0, 1)$; therefore, the constant current will be $3/4$. If $(A, B) = (1, 0)$, then transistors 10a, 31a and transistors 10b, 31b will be turned off; therefore, the constant current will be $2/4$ ($1/2$). If $(A, B) = (1, 1)$, then transistors 10a through 10c and transistors 31a through 31c will be turned off; therefore, the constant current will be $1/4$.

[0081]

As described above, it is possible to adjust the driving capability by changing the size of the constant current for operational amplifier 8B based on the value input through control terminals 12A and 12B.

[0082]

(Another Light-Emitting-Diode Lighting Actuation Circuitry According to Embodiment 1)

Figure 5 shows a circuit diagram that illustrates another configuration of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to Embodiment 1. The same reference codes are assigned to any constituent elements identical to those previously mentioned; accordingly, the detailed description thereof is not repeated hereafter. Figure 5 shows another example circuit that changes the size of the constant current in operational amplifier 8.

[0083]

The light-emitting-diode lighting actuation circuitry is provided with constant current circuit 1C. And constant current circuit 1C has LED driver circuit 7C. LED driver circuit 7C comprises operational amplifier 8C. Operational amplifier 8C has transistor 36a (which is provided to supply constant current to differential part 138) and transistor 36b (which is connected to the gate of driving transistor 6). LED driver circuit 7C is provided with operational amplifier 37 for a voltage follower, which provides the gates of transistors 36a and 36b with control voltages adjusted by resistive divider circuit 13 and thus input through control terminals 12. Transistor 36A supplies a constant current to differential part 138 based on the control voltage, which has been adjusted by resistive divider circuit 13 and thus is input through control terminals 12.

[0084]

In the example shown in Figure 5, a fixed resistor and a variable resistor constitute resistive divider circuit 13 that adjusts the voltage value input through input terminals 12.

[0085]

As described above, the constant current can be controlled through the adjustment of the voltage value applied to control terminals 12, thereby changing the driving capability of operational amplifier 8C.

[0086]

Embodiment 2

(Light-Emitting-Diode Lighting Actuation Circuitry According to Embodiment 2)

Figure 6 shows a circuit diagram that illustrates a configuration of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to Embodiment 2. The same reference codes are assigned to any constituent elements identical to those previously mentioned; accordingly, the detailed description thereof is not repeated hereafter. Figure 6 shows an example circuit that changes the current in the output stage of operational amplifier 8.

[0087]

The light-emitting-diode lighting actuation circuitry is provided with constant current circuit 1D. And, constant current circuit 1D has LED driver circuit 7D. LED driver circuit 7D has operational amplifier 8D and output-current control circuit 3D, which controls the output current that is output from operational amplifier 8D. Output-current control circuit 3D is configured in such a way that the number of transistors in the output stage of operational amplifier 8D can be altered. In Figure 6, four transistors, 14a, 14b, 14c, and 14d, are arranged in parallel with respect to each other for driving transistor 6. The gates of transistors 14a, 14b, 14c, and 14d are respectively coupled to bias circuit 34. Transistor 10a is disposed between transistor 14a and the gate of driving transistor 6. Transistor 10b is provided between transistor 14b and the gate of driving transistor 6. Transistor 10c is provided between transistor 14c and the gate of driving transistor 6.

[0088]

Output-current control circuit 3D comprises switch control circuit 11 that controls the on/off of transistors 10a, 10b, and 10c based on the control signals input through control terminals 12A and 12B. Output-current control circuit 3D is provided with transistors (output buffers) 38a, 38b, 38c, and 38d. Transistor 38a is connected to transistor 14a and coupled to the gate of driving transistor 6 via transistor 10a. The gate of transistor 38a is coupled to the output of differential part 138. Transistor 38b is connected to transistor 14b and coupled to the gate of driving transistor 6 via transistor 10b. The gate of transistor 38b is coupled to the output of differential part 138. Transistor 38c is connected to transistor 14c and coupled to the gate of driving transistor 6 via transistor 10c. The gate of transistor 38c is coupled to the output of differential part 138. Transistor 38d is connected to transistor 14d and coupled to the gate of driving transistor 6. And the gate of transistor 38d is coupled to the output of differential part 138.

[0089]

LED driver circuit 7D is provided with switch control circuit 11 (the same as that shown in Figure 3) to control the on/off of transistors 10a, 10b, and 10c as well as transistors 31a, 31b, and 31c based on control signals input through control terminals 12A and 12B.

[0090]

Switch control circuit 11 supplies control signal Q6 to transistor 10b so as to control the on/off operation, doing so according to the truth table shown in Figure 4. Output Q1 is supplied, in the as-is state but as control signal Q5, to transistor 10a for the control of the on/off operation. Based on output Q4, logic element 33b supplies control signal Q7 to transistor 10c according to the truth table shown in Figure 4.

The constant current created by bias circuit 34 is transmitted to transistors 14a through 14d. Then, a constant current (which is the same as the constant current created by bias circuit 34) flows through transistors 14a through 14d.

[0091]

Transistors 14a through 14d apply a constant current to the output stage (driving transistor 6). The constant currents flowing through transistors 14a through 14d are selectively applied to the output stage through the use of transistors 10a through 10c.

[0092]

As shown in Figure 6, four stages of transistors 14a, 14b, 14c, and 14d are provided for the output stages. The connections of said transistors 14a, 14b, 14c, and 14d with the gate of driving transistor 6 are changed from four stages to one stage through the use of the same selector 32 as that shown in Figure 3. This makes it possible to create the same effect as in the case of changing the transistor size for the output stage from 1 to 1/4 to change the driving capability of operational amplifier 8.

[0093]

Incidentally, while PWM control circuit 28 is provided in the embodiments described above in reference to figures 1 to 3, 5, and 6, the present invention is not limited thereto. The above-mentioned embodiments are configured to control an operational amplifier and, therefore, can be implemented even in the absence of a PWM control circuit.

[0094]

Embodiment 3

(Light-Emitting-Diode Lighting Actuation Circuitry According to Embodiment 3)

Figure 7 shows a circuit diagram that illustrates a configuration of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to Embodiment 3. The same reference codes are assigned to any constituent elements identical to those previously mentioned; accordingly, the detailed description thereof is not repeated hereafter.

[0095]

The light-emitting-diode lighting actuation circuitry is provided with constant current circuit 1E. And constant current circuit 1E has LED driver circuit 7E. LED driver circuit 7E is provided with filter circuit 4E that is disposed between operational amplifier 98 and driving

transistor 6, so as to adjust the rise and fall times of the control pulses supplied from operational amplifier 98. Filter circuit 4E has the following elements:

Capacitor 39, which is connected to the gate of driving transistor 6 on one end while being grounded on the other end,

Variable resistor 24, which is connected to the gate of driving transistor 6 and capacitor 39 on one end and to transistor 35 on the other end, said variable resistor 24 being externally connected to control terminals 12A and 12B.

[0096]

Operational amplifier 98 is similar to the conventional operational amplifier 98 shown in Figure 13. Figure 7 shows an example internal circuit of operational amplifier 98 used herein. Figure 7 does not show switch circuit 77, PWM control circuit 78, and pull-down transistor 79 shown in Figure 13. The working example shown in Figure 7 is presented herein to merely illustrate that it can be implemented even if there is no PWM control circuit, meaning that it may be provided with a PWM control circuit, etc. The same is true for the examples shown in figures 8 to 12 described in later sections.

[0097]

As such, filter circuit 4E with externally connected variable resistor 24 and internal capacitor 39 is provided in order to change/adjust the resistance value of said externally connected variable resistor 24 so as to change the characteristics of the filter and thereby adjust the dv/dt of the output of operational amplifier 8.

[0098]

(Another Light-Emitting-Diode Lighting Actuation Circuitry According to Embodiment 3)

Figure 8 shows a circuit diagram that illustrates another configuration of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to Embodiment 3. The same reference codes are assigned to any constituent elements identical to those previously mentioned; accordingly, the detailed description thereof is not repeated hereafter.

[0099]

The light-emitting-diode lighting actuation circuitry is provided with constant current circuit 1F. And constant current circuit 1F has LED driver circuit 7F. LED driver circuit 7F is provided with filter circuit 4F that is disposed between operational amplifier 98 and driving transistor 6, so as to adjust the rise and fall times of the control pulses supplied from operational amplifier 8. Filter circuit 4F has the following elements:

Capacitor 39A, which is connected to the gate of driving transistor 6 on one end while being grounded on the other end,

Variable resistor 24, which is connected to the gate of driving transistor 6 and capacitor 39 on one end and to transistor 35 on the other end, said variable resistor 24 being externally connected to control terminals 12A and 12B, and

Capacitor 39B, which is connected to the other end of variable resistor 24 while being grounded on the other end.

[0100]

As such, filter circuit 4F with externally connected variable resistor 24 and two internal capacitors 39A and 39B is provided in order to change/adjust the resistance value of said externally connected variable resistor 24 so as to change the characteristics of the filter and thereby adjust the dv/dt of the output of operational amplifier 8.

[0101]

(Yet Another Light-Emitting-Diode Lighting Actuation Circuitry According to Embodiment 3)

Figure 9 shows a circuit diagram that illustrates yet another configuration of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to Embodiment 3. The light-emitting-diode lighting actuation circuitry is provided with constant current circuit 1G. And constant current circuit 1G has LED driver circuit 7G. LED driver circuit 7G is provided with filter circuit 4G that is disposed between operational amplifier 8 and driving transistor 6, so as to adjust the rise and fall times of the control pulses supplied from operational amplifier 98. Filter circuit 4G has the following elements:

Resistor 40A, which is connected to the gate of driving transistor 6 on one end while being grounded on the other end,

Variable capacitor 25, which is connected to the gate of driving transistor 6 and resistor 40A on one end and to transistor 35 on the other end, said variable capacitor 25 being externally connected to control terminals 12A and 12B, and

Resistor 40B, which is connected to the other end of variable capacitor 25 while being grounded on the other end.

[0102]

As such, filter circuit 4G with externally connected variable capacitor 25 and two internal resistors 40A and 40B is provided in order to change/adjust the capacitance value of said externally connected variable capacitor 25 so as to change the characteristics of the filter and thereby adjust the dv/dt of the output of operational amplifier 8.

[0103]

Figure 10 shows a circuit diagram that illustrates yet another configuration of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to Embodiment 3. The light-emitting-diode lighting actuation circuitry is provided with constant current circuit 1H. And constant current circuit 1H has LED driver circuit 7H. LED driver circuit 7H is provided with filter circuit 4H that is provided to adjust the rise and fall times of the control pulses supplied from operational amplifier 98. Filter circuit 4H comprises externally connected variable capacitor 25, which is connected to control terminals 12 on one end and grounded on the other end. Control terminal 12 is coupled to the gate of driving transistor 6 and transistor 35.

[0104]

As such, filter circuit 4H with externally connected variable capacitor 25 is provided in order to change/adjust the capacitance value of said externally connected variable capacitor 25 so as to change the characteristics of the filter and thereby adjust the dv/dt of the output of operational amplifier 98.

[0105]

Embodiment 4

(Light-Emitting-Diode Lighting Actuation Circuitry According to Embodiment 4)

Figure 11 shows a circuit diagram that illustrates a configuration of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to Embodiment 4. The same reference codes are assigned to any constituent elements identical to those previously mentioned. Accordingly, the detailed description of these constituent elements is not repeated hereafter.

While an example of adjusting the dv/dt of operational amplifier 98's outputs by changing the characteristics of a filter through the adjustment of the value of an externally connected electronic component is used to illustrate Embodiment 3 above, the present invention is not limited thereto. As previously illustrated with reference to figures 3 and 6, electronic components constituting a filter may be arranged and thus provided in parallel, so that the characteristics of the filter can be altered by means of inputting binary data through a control terminal and thereby changing the number of components, doing so using a selector, to thereby adjust the dv/dt of operational amplifier 8's outputs. Figure 11 shows an example thereof.

Figure 11 shows an example in which the output of operational amplifier 98 is provided with a resistor to change the dv/dt of the output.

[0106]

The light-emitting-diode lighting actuation circuitry is provided with constant current circuit 1I. And constant current circuit 1I has LED driver circuit 7I. LED driver circuit 7I is provided with output control circuit 3I that is disposed between operational amplifier 98 and driving transistor 6 so as to control the control pulse output from operational amplifier 98.

[0107]

Output control circuit 3I is connected to the gate of driving transistor 6. It comprises the following elements:

Four resistor units 17a, 17b, 17c, and 17d having different resistance values, said resistor units 17a, 17b, 17c, and 17d being arranged in parallel with respect to each other,

Four transistors 18a, 18b, 18c, and 18d corresponding to resistor units 17a, 17b, 17c, and 17d, said transistors 18a, 18b, 18c, and 18d being provided between the respective resistor units and operational amplifier 98, and

Selector 32, which controls the on/off of each of transistors 18a, 18b, 18c, and 18d.

[0108]

Resistor unit 17a consists of resistor R1. Resistor unit 17b has resistors R2 and R3. Resistor unit 17c has resistors R4, R5, and R6. Resistor unit 17d has resistors R7, R8, R9, and R10. Capacitor C1 is connected between the gate of driving transistor 6 and the ground.

[0109]

The dv/dt of output from operational amplifier 98 varies depending on the time constant determined by the resistance and capacitance. The dv/dt of output is changed by increasing the time constant by one to four times, doing so by increasing the resistance by one to four times, as shown in Figure 12.

[0110]

Selector 32 is similar to the selectors shown in figures 3 and 6, that is:

When input A, input B = 0, 0, only output Q1 is "1";

When input A, input B = 0, 1, only output Q2 is "1";

When input A, input B = 1, 0, only output Q3 is "1"; and

When input A, input B = 1, 1, only output Q4 is "1."

Transistors 18a to 18d turn on when outputs Q1 to Q4 are "1." When transistor 18a turns on, the output waveform is determined by resistor R1 and capacitor C1. When transistor 18b turns on, the output waveform is determined by resistor R2 + resistor R3 and capacitor C1. When transistor 18c turns on, the output waveform is determined by resistor R4 + resistor R5 + resistor R6 and capacitor C1. When transistor 18d turns on, the output waveform is determined by resistor R7 + resistor R8 + resistors R9 + R10 and capacitor C1.

[0111]

If resistors R1 through R10 have the same resistance values, the time constant is multiplied by one to four times, thereby changing the dv/dt of the output from operational amplifier 8.

[0112]

The description of PWM control circuit 28 shown in Figure 1 (which is provided for the brightness adjustment based on PWM waveforms) is omitted from the description above. However, the resistors shown in Figure 11 may also be used as switch circuits 27a to 27d and vice versa, as described below.

[0113]

(Another Light-Emitting-Diode Lighting Actuation Circuitry According to Embodiment 4)

Figure 12 shows a circuit diagram that illustrates another configuration of the light-emitting-diode lighting actuation circuitry according to Embodiment 4. The same reference codes are assigned to any constituent elements identical to those previously mentioned. Accordingly, the detailed description of these constituent elements is not repeated hereafter. Figure 12 shows an example in which brightness-adjustment switch circuits 27a to 27d also act as resistor units 17a to 17d shown in Figure 11.

[0114]

The light-emitting-diode lighting actuation circuitry is provided with constant current circuit 1J. And constant current circuit 1J has LED driver circuit 7J. LED driver circuit 7J is provided with output control circuit 3I that is disposed between operational amplifier 98 and driving transistor 6, so as to control the output current of outputs from operational amplifier 98.

[0115]

Output control circuit 3J has four switch circuits, 27A, 27b, 27c, and 27d that are coupled in series. One end of switch circuit 27a is connected to transistor 35. The other end of switch circuit 27a is coupled to one end of switch circuit 27b. The other end of switch circuit 27b is coupled to one end of switch circuit 27c, and the other end of switch circuit 27c is coupled to one end of switch circuit 27d.

[0116]

Transistor 18a is provided between the other end of switch circuit 27a and the gate of driving transistor 6. Transistor 18b is provided between the other end of switch circuit 27b and the gate of driving transistor 6. Transistor 18c is provided between the other end of switch circuit 27c

and the gate of driving transistor 6. Transistor 18d is provided between the other end of switch circuit 27d and the gate of driving transistor 6.

[0117]

Output control circuit 3J has selector 32. Selector 32 controls the on/off of each of transistors 18a, 18b, 18c, and 18d based on control signals input through control terminals 12A and 12B.

[0118]

Transistors 18a to 18d are switches that conduct current when the control signal is "1." For example, they consist of analog switches that connect Nch and Pch transistors in parallel.

[0119]

While PWM control circuit 28 handles the switching of switch circuits 27a through 27d, selector 32 handles the selection of the signal output from switch circuit 27a, the signal output through switch circuit 27a and switch circuit 27b, the signal output through switch circuit 27a to 27c, and the signal output through switch circuit 27a to 27d. This allows switch circuits 27a through 27d to demonstrate the same effect as that of resistor units 17a through 17d shown in Figure 11.

[0120]

As described above, embodiment 1 to 4 are configured so as to make it possible to adjust the dv/dt of operational amplifier 8's output pulses externally via control terminals 12, thus enabling on-chip adjustment for each lighting module created overseas or by users with different EMI regulations.

[0121]

Additionally, a snubber circuit is installed as an exterior part in order to inhibit EMI noise; however, by providing a light-emitting-diode lighting actuation circuitry (countermeasure circuit) according to the present embodiment in a built-in fashion, it becomes possible to remove said exterior part, thus reducing the number of exterior parts.

[0122]

Now, the integrated circuit for driving LEDs is provided with multiple driver circuits to activate the lighting of LEDs of multiple colors. Such LEDs of multiple colors are used for applications such as actuating the switchover between daylight white and incandescent color or for multi-color illumination with the three primary colors, i.e., RGB lighting. The reference code "CH" refers to the output of each driver circuit (the output that controls the gate of the driving transistor). As described in the PROBLEMS TO BE RESOLVED BY THE INVENTION section, LED driver circuit 97 and driving transistor 96 are separate components, and there is a wiring between LED driver circuit 97 and driving transistor 96. For example, suppose that, in a light bulb for multi-color illumination, the driving transistor for the R LED and the driving transistors for the G and B LEDs must be mounted apart from each other on the substrate, on which the wiring between the integrated driver circuit and the driving transistor for the R LED is long but the wirings for G and B LED are short. In this case, it

becomes possible to make adjustments in such a way that R's CH (driving output) of the integrated driver circuit reduces the amount of output-waveform delay in the light-emitting-diode lighting actuation circuitry (countermeasure circuit) according to the present embodiment while the R and B's CHs reduce the amount of the output-waveform delay in the light-emitting-diode lighting actuation circuitry (countermeasure circuit). This makes it possible to adjust the timing to drive each LED.

[0123]

The present invention is not limited to the embodiments mentioned above. Various modifications are possible within the scope indicated in the claims, and embodiments comprising appropriate combinations of the technical means disclosed in each embodiment are also included in the technical scope of the present invention.

INDUSTRIAL APPLICABILITY

[0124]

The present invention can be applied to a light-emitting-diode lighting actuation circuitry comprising a single light source consisting of a collective body of multiple light-emitting elements such as LEDs, said lighting actuation circuitry being capable of controlling the lighting of said light source acting as the illuminating light to any given brightness.

EXPLANATION OF REFERENCE CODING

[0125]

1	Constant current circuit (light-emitting-diode lighting actuation circuitry)
2A	Operating-current control circuit
3D	Output-current control circuit
4E	Filter circuit
5	LED array (light emitting diodes)
6	Transistor
7	LED driver circuit (driving transistor)
8	Operational amplifier (comparator-amplifier circuit)
9a to 9d	Transistors
10a to 10d	Switches
11	Switch control circuit
12	Control terminal
13	Resistive divider circuit
14a to 14d	Transistors
17a to 17d	Resistor unit
18a to 18d	Transistors (switches)

24	Variable resistor
25	Variable capacitor
27	Switch circuit
138	Differential part

Figure 1

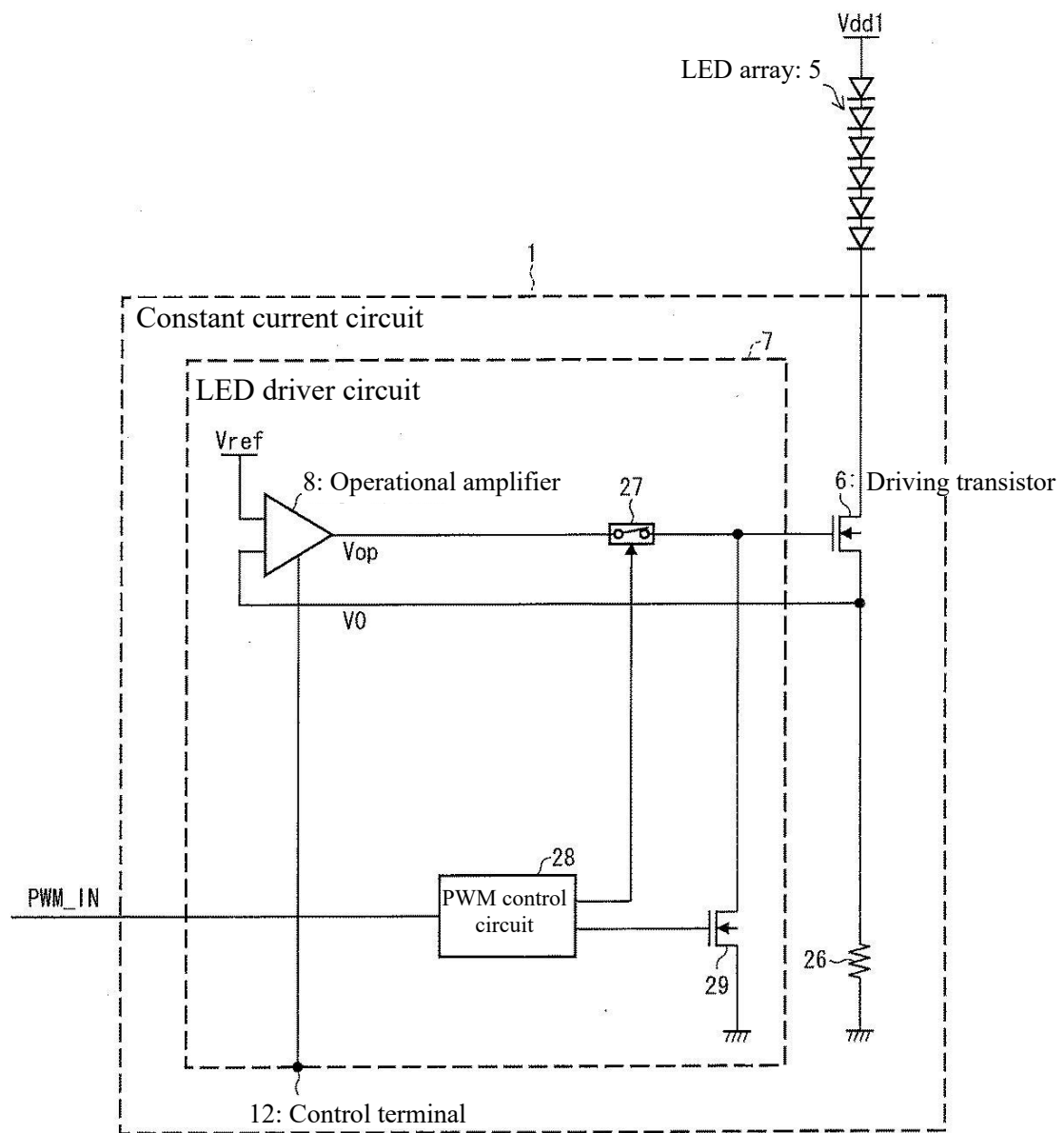
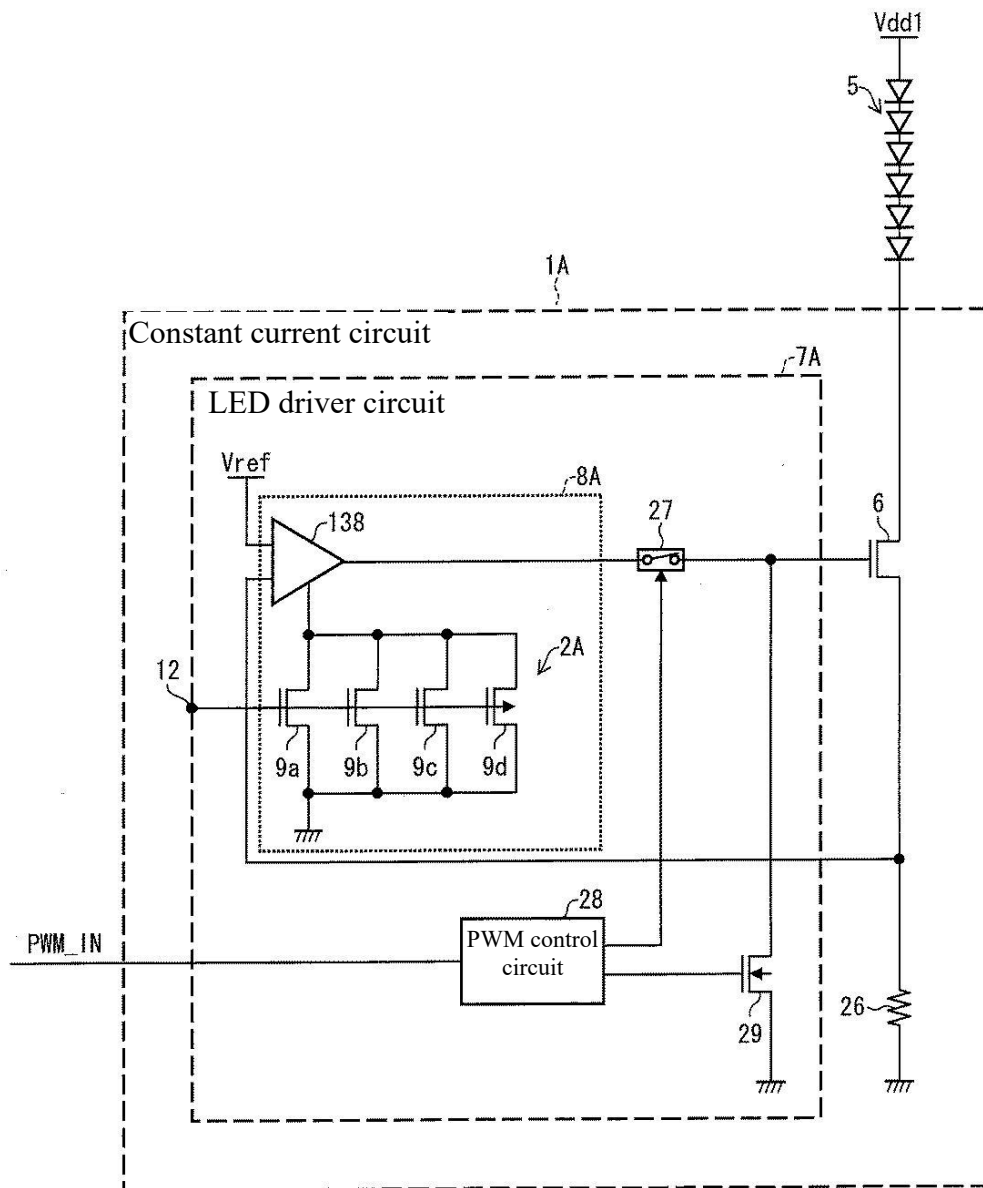


Figure 2



The diagram illustrates a constant current circuit 1B, which is a sub-circuit of a constant current source 1A. The circuit is enclosed in a dashed box labeled 1B. It includes an LED driver circuit 7B, a switch control circuit 11, a bias circuit 34, and a PWM control circuit 28. The LED driver circuit 7B contains a current mirror 138, a switch 27, and a resistor 6. The switch control circuit 11 includes a 4-to-1 multiplexer 32, an AND gate 33a, and an inverter 33b. The bias circuit 34 provides a common bias voltage to the gates of transistors 9a, 9b, 9c, 9d, 30a, 30b, 30c, and 30d. The PWM control circuit 28 receives a PWM_IN signal and controls a transistor 29. The circuit is connected to a Vdd1 supply and a ground symbol.

Figure 4

A	B	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7
0	0	1	0	0	0	1	1	1
0	1	0	1	0	0	0	1	1
1	0	0	0	1	0	0	0	1
1	1	0	0	0	1	0	0	0

Figure 5

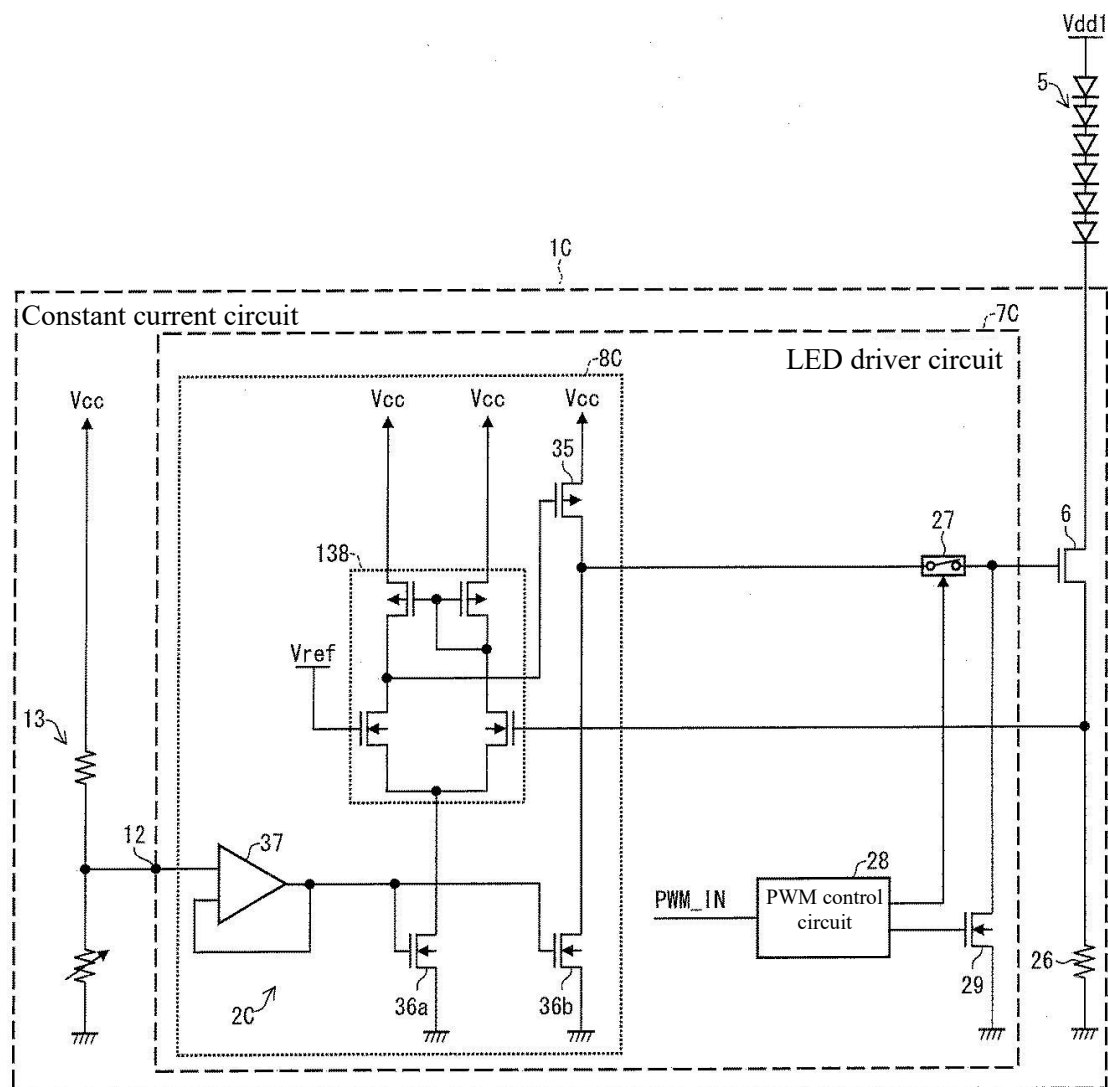


Figure 6

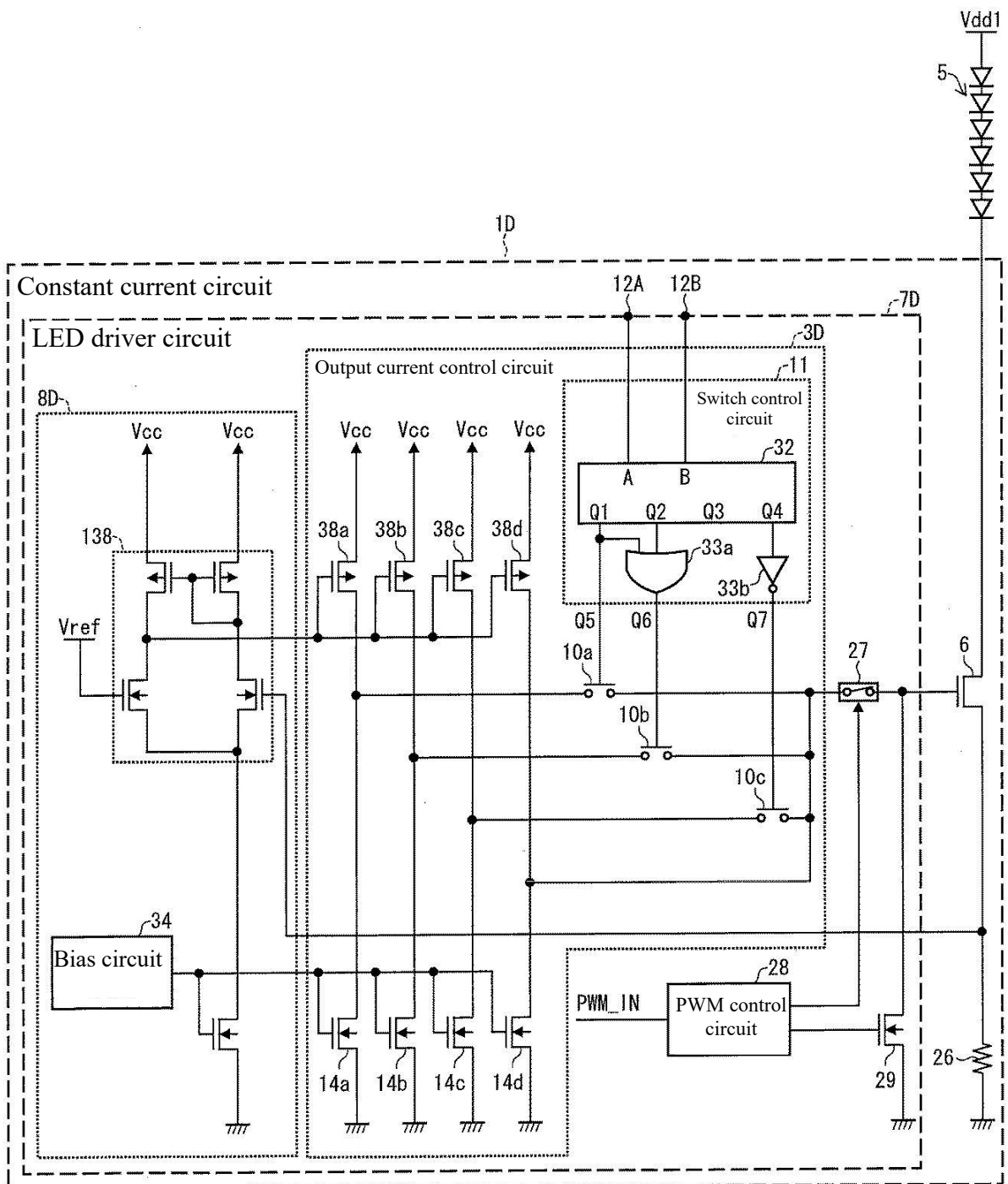


Figure 7

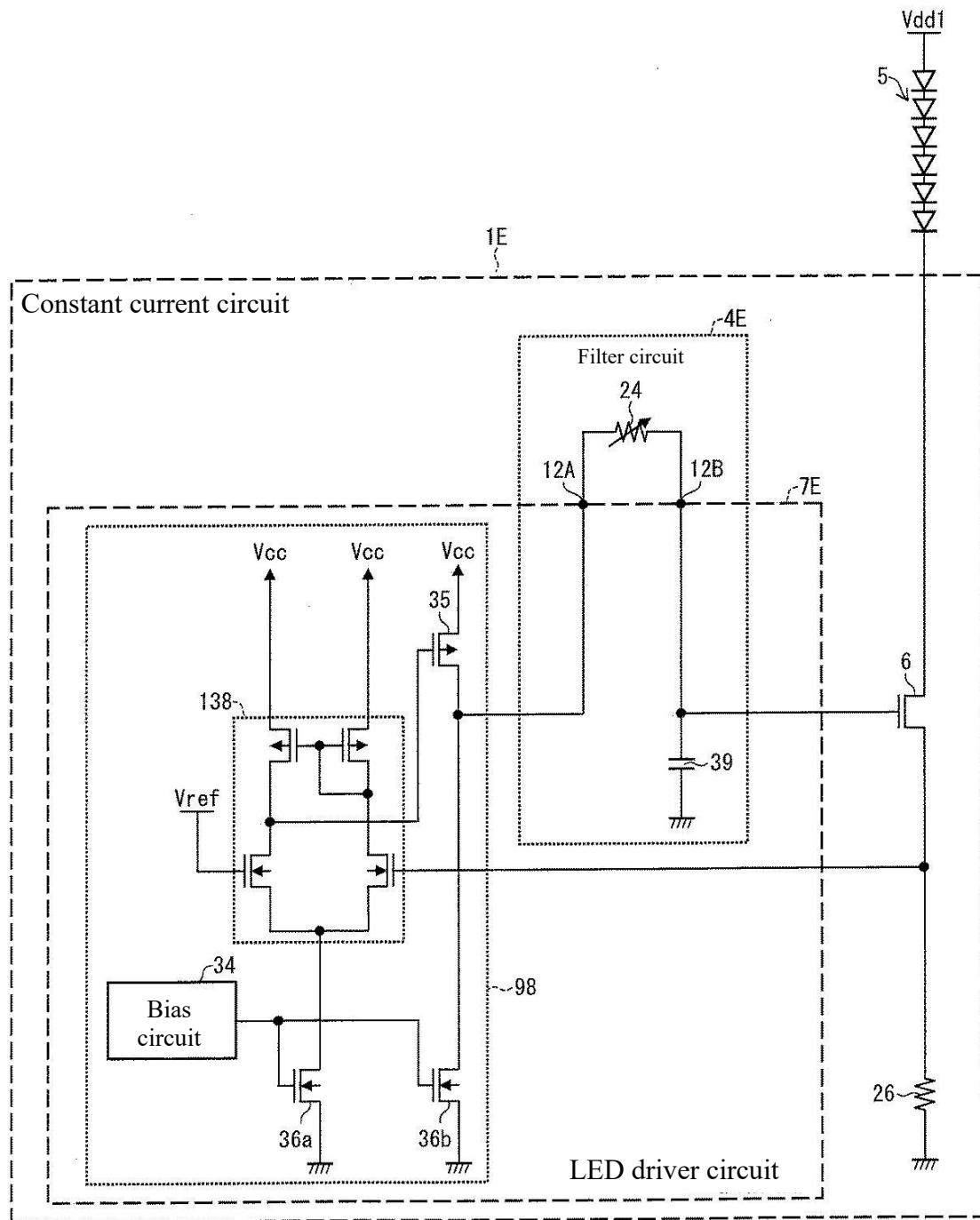


Figure 8

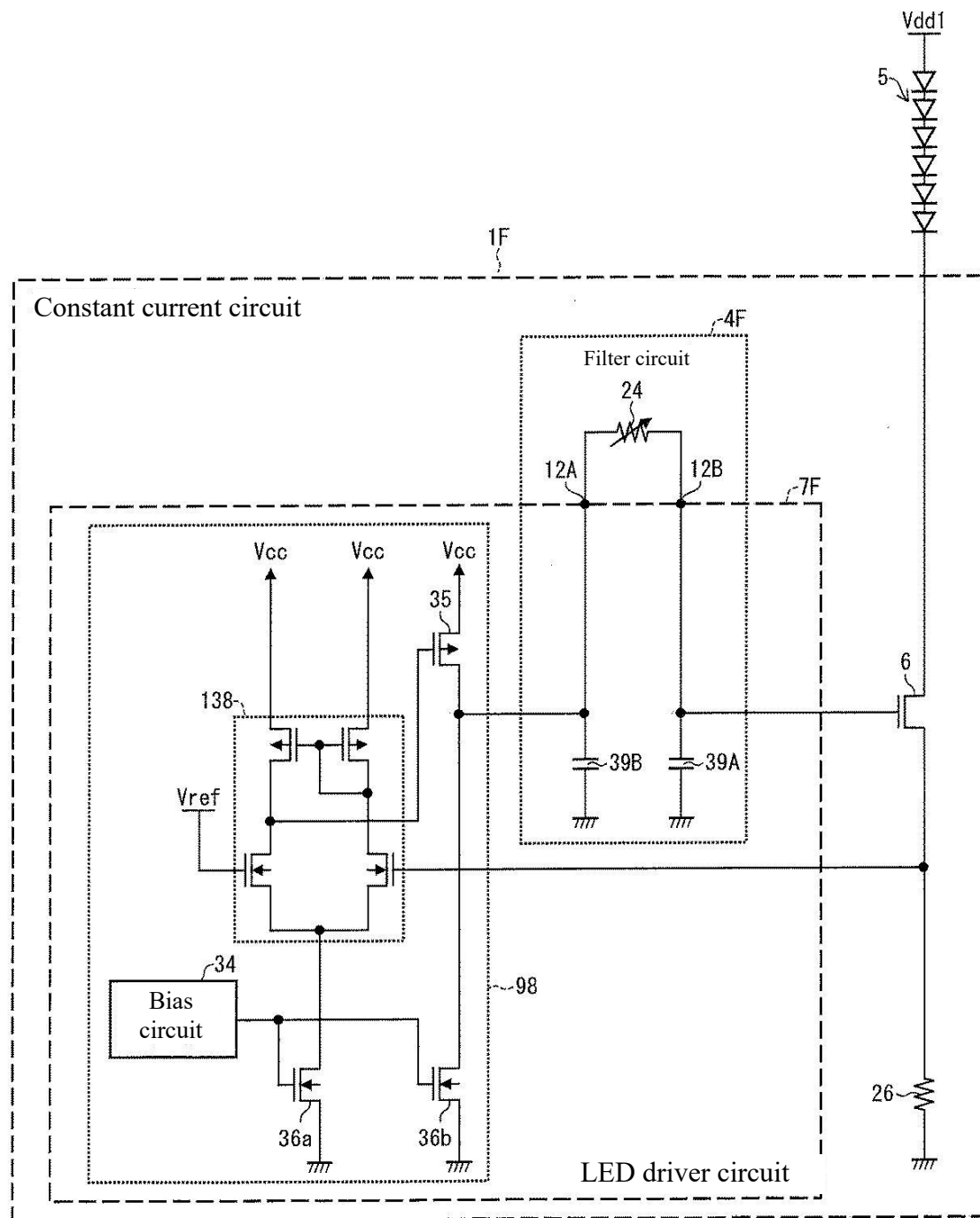


Figure 9

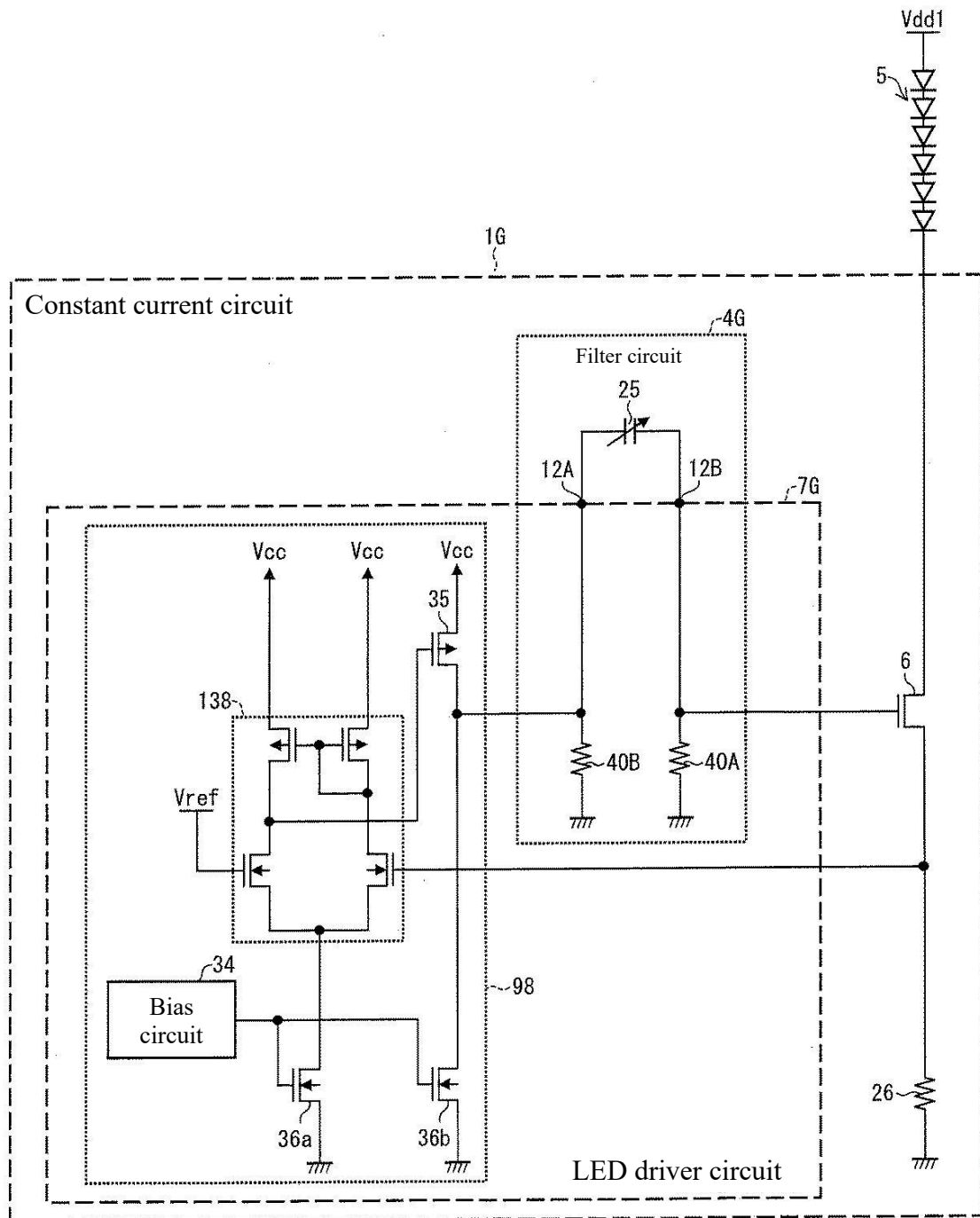


Figure 10

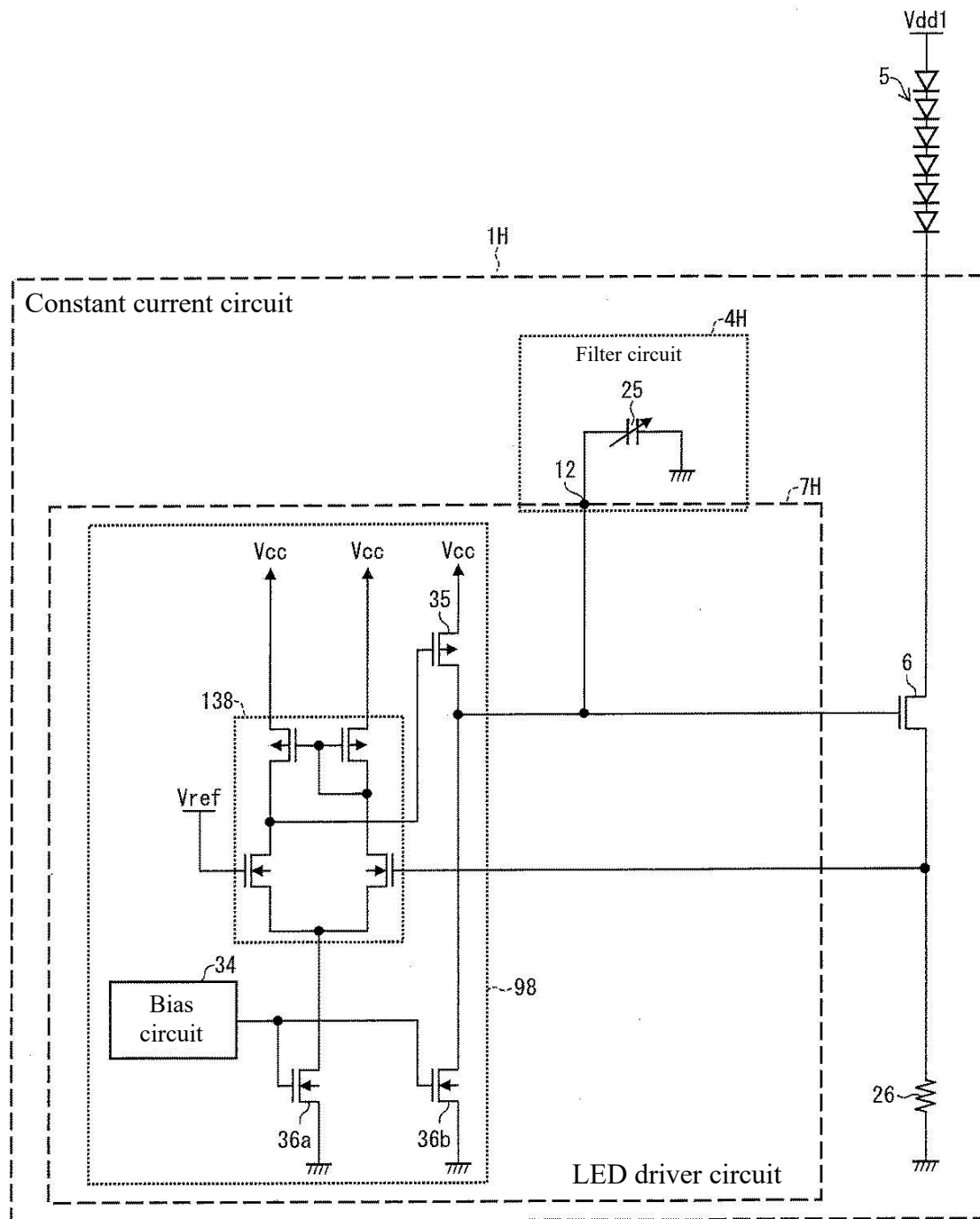


Figure 11

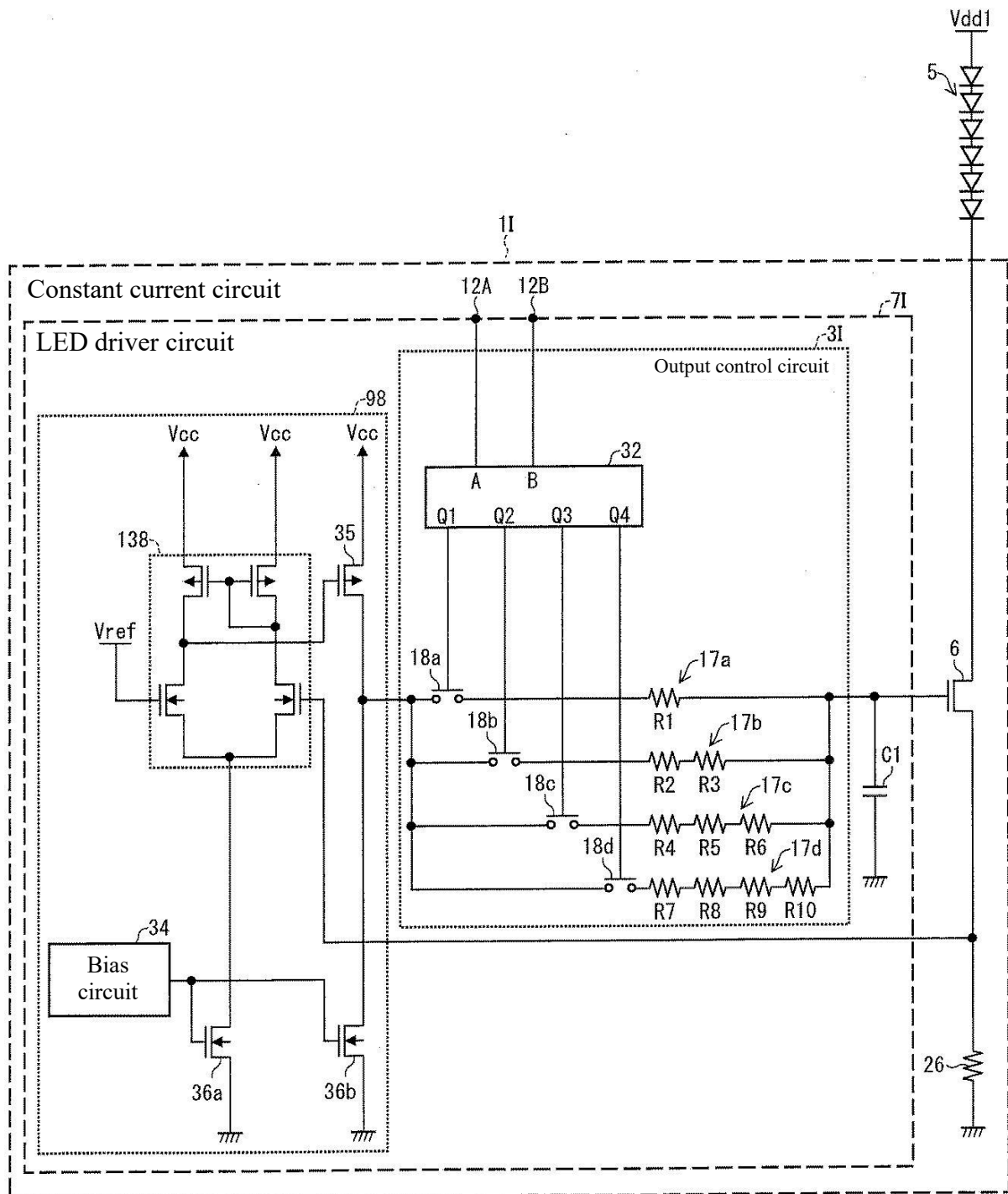


Figure 12

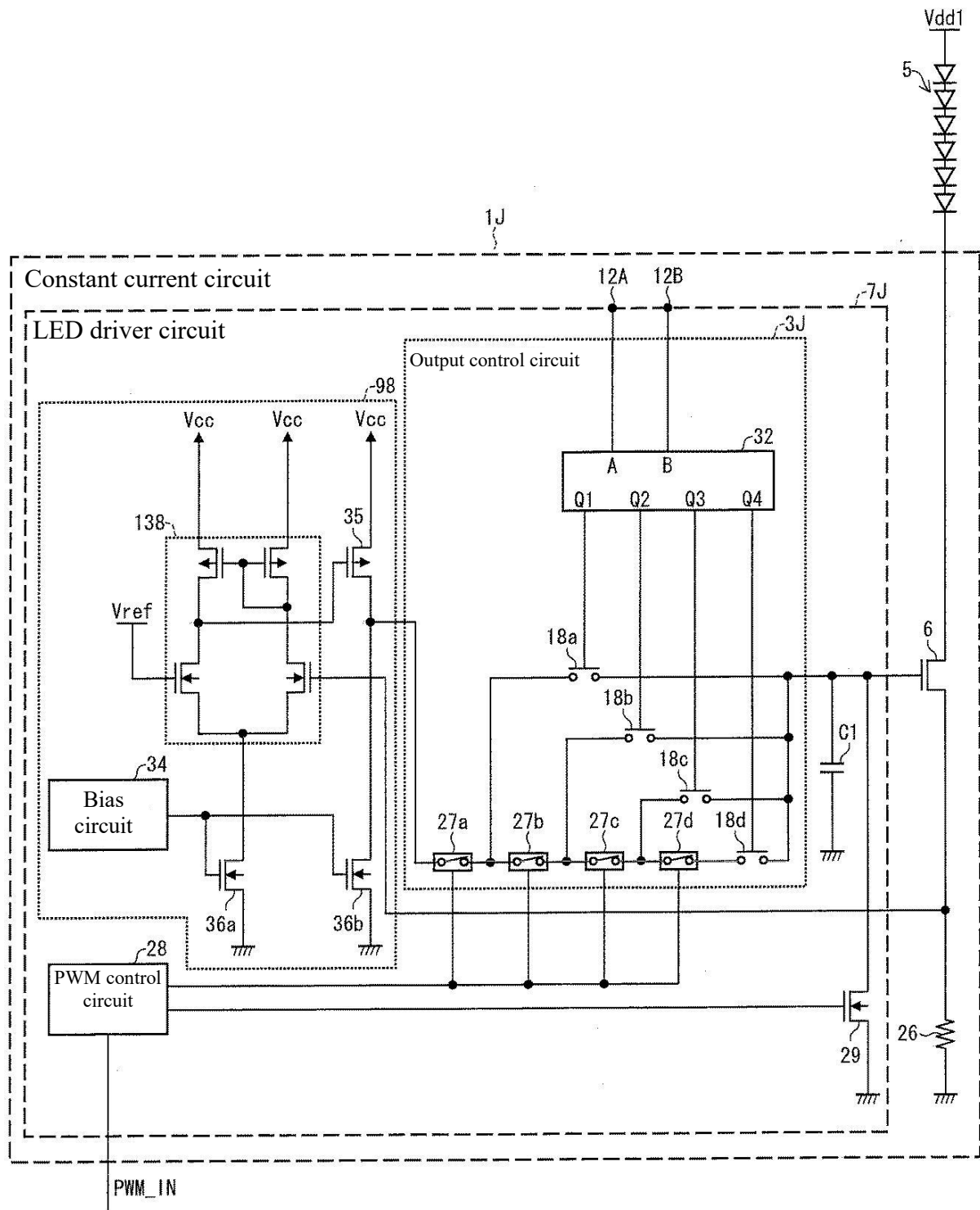
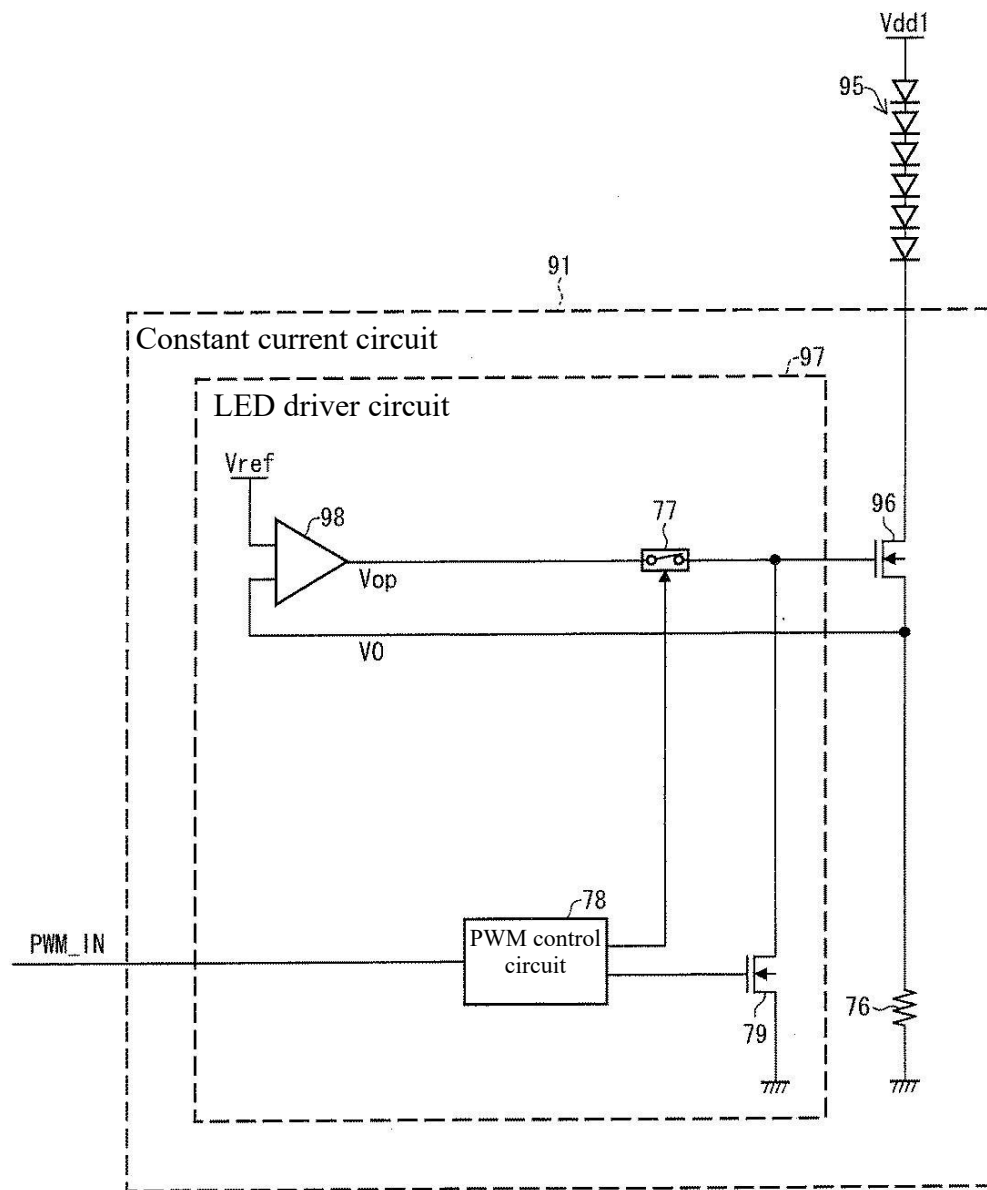


Figure 13



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2012-160287
(P2012-160287A)

(43) 公開日 平成24年8月23日 (2012. 8. 23)

(51) Int.Cl.
H05B 37/02 (2006.01)

F I
H05B 37/02

J

テーマコード (参考)
3K073

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2011-17939 (P2011-17939)	(71) 出願人	000005049
(22) 出願日	平成23年1月31日 (2011. 1. 31)		シャープ株式会社
		(74) 代理人	110000338
			特許業務法人原謙三国際特許事務所
		(72) 発明者	増田 亮一
			大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
			シャープ株式会社内
		Fターム (参考)	3K073 AA42 BA09 CF01 CF10 CG01 CG10 CJ17 CM02

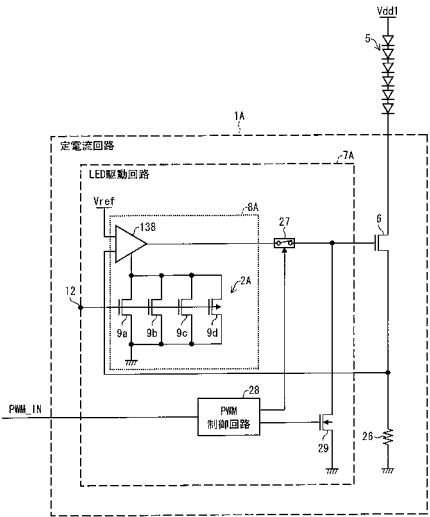
(54) 【発明の名称】 発光ダイオード点灯回路

(57) 【要約】

【課題】 発光ダイオード点灯回路のEMIノイズを低減する。

【解決手段】 定電流回路1Aは、LEDアレイ5の駆動電流を制御する駆動トランジスタ6と、駆動トランジスタ6を制御するLED駆動回路7Aとを備え、LED駆動回路7Aは、駆動電流に基づく電圧と基準電圧とに基づいて、駆動トランジスタ6を制御する制御パルスを提供するオペアンプ7と、オペアンプ7により供給される制御パルスの立ち上がり時間及び立ち下がり時間を制御する動作電流制御回路2Aとを有する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

発光ダイオードの駆動電流を制御する駆動トランジスタと、
前記駆動トランジスタを制御する集積回路とを備え、
前記集積回路は、立ち上がり時間及び立ち下がり時間が制御可能な駆動信号を前記駆動トランジスタに供給することを特徴とする発光ダイオード点灯回路。

【請求項 2】

前記集積回路は、前記駆動電流に基づく電圧値と基準電圧とに基づいて、前記駆動トランジスタを制御する前記駆動信号を供給する比較増幅回路と、

前記比較増幅回路と前記駆動トランジスタとの間に配置されて、前記駆動信号を制御する出力制御回路とを有している請求項 1 記載の発光ダイオード点灯回路。

10

【請求項 3】

前記集積回路は、前記発光ダイオードの輝度を調整するための PWM 信号に基づいて、前記発光ダイオードのオンオフ制御を行う回路を備え、

前記オンオフ制御を行う回路は、

前記比較増幅回路に一端が接続された直列に接続されるスイッチ回路群と、

前記 PWM 信号に基づいて前記スイッチ回路群をオンオフするために設けられた制御回路とを含み、

前記スイッチ回路群は、少なくとも第 1 スイッチ回路と第 2 スイッチ回路とを含み、

前記出力制御回路は、

前記駆動トランジスタと前記第 1 スイッチ回路の一端との間に配置された第 3 スイッチと、

前記駆動トランジスタと前記第 2 スイッチ回路の一端との間に配置された第 4 スイッチと、

制御信号に基づいて、前記第 3 及び第 4 スイッチのオンオフを制御することにより、前記スイッチ群と前記駆動トランジスタとの接続を変更し、前記駆動トランジスタと、前記比較増幅回路間の抵抗値を変更するスイッチ制御回路とを含む請求項 2 記載の発光ダイオード点灯回路。

20

【請求項 4】

前記出力制御回路は、並列に接続される抵抗値の異なる複数の抵抗と、

30

各抵抗に対応して前記比較増幅回路と前記抵抗との間にそれぞれ設けられた複数のスイッチと、

制御信号に基づいて、各スイッチのオンオフを制御することにより前記駆動トランジスタと、前記比較増幅回路との間の抵抗値を変更するスイッチ制御回路とを含む請求項 2 記載の発光ダイオード点灯回路。

【請求項 5】

前記集積回路は、前記駆動電流に基づく電圧値と基準電圧とに基づいて、前記駆動トランジスタを制御する駆動信号を供給する比較増幅回路と、

前記比較増幅回路の動作電流を制御することにより、前記駆動信号の制御を行うために設けられた動作電流制御回路を含む請求項 1 記載の発光ダイオード点灯回路。

40

【請求項 6】

前記動作電流制御回路は、前記比較増幅回路に定電流を供給するために、複数の電流源と、供給される電流源の数を調整するスイッチと、制御信号に基づいて前記スイッチを制御するスイッチ制御回路により、動作電流を制御する請求項 5 記載の発光ダイオード点灯回路。

【請求項 7】

前記動作電流制御回路は、前記比較増幅回路に定電流を供給するためのトランジスタを含み、

前記トランジスタのゲート電圧を調整することにより、定電流を調整する請求項 5 記載の発光ダイオード点灯回路。

50

【請求項 8】

前記トランジスタのゲート電圧は、抵抗分割回路により作成される請求項 7 記載の発光ダイオード点灯回路。

【請求項 9】

前記集積回路は、前記駆動電流に基づく電圧値と基準電圧とに基づいて、前記駆動トランジスタを制御する前記駆動信号を供給する比較増幅回路と、

前記比較増幅回路の出力電流を制御することにより、前記駆動信号の制御を行うために設けられた出力電流制御回路を含む請求項 1 記載の発光ダイオード点灯回路。

【請求項 10】

前記出力電流制御回路は、前記比較増幅回路からの出力電流を制御するために、前記駆動トランジスタに接続される出力バッファの数を調整するスイッチと、

制御信号に基づいて、前記スイッチのオンオフを制御するスイッチ制御回路とを含む請求項 9 記載の発光ダイオード点灯回路。

【請求項 11】

前記制御信号は、前記集積回路に設けられた制御端子から入力され、

前記制御信号は、前記駆動信号の制御値を示す信号である請求項 3、4、6、および 10 のいずれかに記載の発光ダイオード点灯回路。

【請求項 12】

発光ダイオードの駆動電流を制御する駆動トランジスタと、

前記駆動トランジスタを制御する集積回路とを備え、

前記集積回路は、

前記駆動電流に基づく電圧と基準電圧とに基づいて、前記駆動トランジスタを制御する駆動信号を供給する比較増幅回路と、

前記比較増幅回路と前記駆動トランジスタとの間に配置されて、前記比較増幅回路により供給される前記駆動信号の立ち上がり時間及び立ち下がり時間を調整するためのフィルタ回路とを含むことを特徴とする発光ダイオード点灯回路。

【請求項 13】

前記フィルタ回路は、可変抵抗と可変容量との少なくともひとつを含む請求項 12 記載の発光ダイオード点灯回路。

【請求項 14】

前記発光ダイオードの輝度を調整するための PWM 信号に基づいて、前記駆動トランジスタと前記比較増幅回路との間に設けられたスイッチのオンオフを制御するスイッチ制御回路とをさらに含む請求項 1 から 2 および請求項 4 から 12 のいずれかに記載の発光ダイオード点灯回路。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、LED（発光ダイオード）のような複数の発光素子を集合させて 1 つの光源を構成し、この光源を照明灯として任意の明るさに点灯制御できるようにした発光ダイオード点灯回路に関する。

【背景技術】

【0002】

近年の LED は、その性能アップが急速に進むとともに、照明に不可欠な白色の LED が開発され、また明るさにおいても照明として十分に使用できる輝度で発光できるようになってきた。

【0003】

図 13 は、従来の発光ダイオード点灯回路の構成を示す回路図である。発光ダイオード点灯回路は、LED を 6 個直列に接続した LED アレイ 95 と、LED アレイ 95 を点灯させるために LED アレイ 95 の一端に接続された電源 Vdd1 と、LED アレイ 95 の他端に接続された定電流回路 91 とを備えている。

10

20

30

40

50

【0004】

定電流回路91は、LEDアレイ95の他端に接続されたパワーMOSトランジスタにより構成されて、LEDアレイ95の駆動電流を制御する駆動トランジスタ96と、駆動トランジスタ96に対してLEDアレイ95の反対側に接続された抵抗76と、集積回路により構成されて駆動トランジスタ96を制御するLED駆動回路97とを備えている。

【0005】

LED駆動回路97には、LEDの輝度コントロール、複数のLEDアレイの駆動、LEDのオープン検出、ショート検出等、色々な機能が備えられている。しかしながら、図13には、LEDアレイ95に流れる定電流値の制御を行うオペアンプ98と、輝度コントロールのためのPWM制御回路78のみを記載している。

10

【0006】

LED駆動回路97は、オペアンプ98を有している。オペアンプ98は、駆動トランジスタ96によりLEDアレイ95に供給される駆動電流に基づく電圧V0と基準電圧Vrefとに基づいて、駆動トランジスタ96を制御する制御パルスを、スイッチ回路77を介して駆動トランジスタ96に供給する。

【0007】

図13に示すように、LED駆動回路97内のオペアンプ98と駆動トランジスタ96と抵抗76とにより定電流回路が構成される。Vref端子に入力される基準電圧Vrefと抵抗76の抵抗値とにより決まる電流によりLEDアレイ95のLEDが点灯される。

20

【0008】

さらに、LED駆動回路97は、端子PWM_INから入力されるPWM波形によりLEDの輝度を調整する機能を備える。LED駆動回路97は、PWM制御回路78とプルダウントランジスタ79とを有している。PWM制御回路78は、端子PWM_INに入力されるPWM波形に基づいて、スイッチ回路77及びプルダウントランジスタ79を制御する。

【0009】

具体的には、PWM制御回路78は、端子PWM_INから入力されるPWM波形が“H”の場合スイッチ回路77をオンにし、プルダウントランジスタ79をオフにする。このとき駆動トランジスタ96には上記定電流が流れLEDが点灯する。PWM波形が“L”の場合スイッチ回路77をオフし、プルダウントランジスタ79をオンする。このときトランジスタ96がオフしLEDは消灯する。上記のようにLEDのオンオフを繰り返すことによりLEDの輝度を調整することができる。

30

【0010】

このようなLED点灯回路では、LEDのオンオフによるちらつきが感じられないような周期のオンオフ期間に対応するため、及び、電源電圧の変動等の影響を受け、ちらつきが発生することを防止するために、駆動トランジスタ96の駆動能力を大きくしておく必要がある。

【0011】

しかしながら、基準電圧Vrefと駆動電流に基づく電圧V0とで電圧差が大きい場合、基準電圧Vrefと電圧V0との間の電圧差をなくすため、駆動トランジスタ96を強くバイアスし、電圧V0を基準電圧Vrefまで急激に立ち上げようとする。このような急峻な電圧V0の変化はEMI(Electro Magnetic Interference)ノイズを発生し他の機器へ影響を及ぼす。

40

【0012】

このようなEMIノイズの発生を防止するには、特許文献1に開示されているように、駆動トランジスタ96に相当するトランジスタを2つ用意し、一方のトランジスタの駆動能力を低くしておき、電源投入時等電圧変動が大きい場合には、一方の駆動能力の低いトランジスタを使用するようにする事が考えられる。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0013】

【特許文献1】特開2001-282371号公報（2001年10月12日公開）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

しかしながら、LEDを照明に使用する場合、LEDに高電圧かつ大電流を流す必要があり、駆動トランジスタ96は高耐圧プロセスにより作成するトランジスタを使用する必要がある。しかしながら上記大電流の制御等を行うLED駆動回路97は低電圧で動作する事ができる。このため、LED駆動回路97内に駆動トランジスタ96を内蔵すると、LED駆動回路97全体を高耐圧プロセスで作成する必要が発生し、コストが上昇してしまう。従って、LED駆動回路97と駆動トランジスタ96とは別部品である必要がある。LED駆動回路97と駆動トランジスタ96とは別部品であると、両者間に配線が必要である。この配線の状況によってもEMIノイズの発生状況は異なるため、この状況に合わせて駆動能力を変更する必要がある、配線の状況が異なるLED照明の製品毎にトランジスタを選択する必要が発生するという問題が生じる。

10

【0015】

また、特許文献1のように駆動能力の異なるトランジスタを使用してEMIノイズの発生を防止しようとする、駆動能力の異なるトランジスタを使用するためには、LED駆動回路97と別に複数のトランジスタを用意する必要がある、部品点数が増えコストアップとなる。

20

【0016】

本発明の目的は、低コストでEMIノイズの発生を低減することができる発光ダイオード点灯回路を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明に係る発光ダイオード点灯回路は、発光ダイオードの駆動電流を制御する駆動トランジスタと、前記駆動トランジスタを制御する集積回路とを備え、前記集積回路は、立ち上がり時間及び立ち下がり時間が制御可能な駆動信号を前記駆動トランジスタに供給することを特徴とする。

30

【0018】

この特徴により、駆動信号の立ち上がり時間及び立ち下がり時間が制御されるので、駆動信号の立ち上がり時間及び立ち下がり時間を長くするように制御することにより、駆動信号の微分速度(dv/dt)を小さくすることができる。回路のEMIノイズは駆動信号の dv/dt に依存するので、駆動信号の立ち上がり時間及び立ち下がり時間を長くすることにより、発光ダイオード点灯回路のEMIノイズを低コストで低減することができる。

【0019】

本発明に係る発光ダイオード点灯回路では、前記集積回路は、前記駆動電流に基づく電圧値と基準電圧とに基づいて、前記駆動トランジスタを制御する前記駆動信号を供給する比較増幅回路と、前記比較増幅回路と前記駆動トランジスタとの間に配置されて、前記駆動信号を制御する出力制御回路とを有していることが好ましい。

40

【0020】

上記構成により、比較増幅回路により供給される駆動信号の dv/dt を簡単な構成で小さくすることができ、発光ダイオード点灯回路のEMIノイズを低コストで低減することができる。

本発明に係る発光ダイオード点灯回路では、前記集積回路は、前記発光ダイオードの輝度を調整するためのPWM信号に基づいて、前記発光ダイオードのオンオフ制御を行う回路を備え、前記オンオフ制御を行う回路は、前記比較増幅回路に一端が接続された直列に接続されるスイッチ回路群と、前記PWM信号に基づいて前記スイッチ回路群をオンオフす

50

るために設けられた制御回路とを含み、前記スイッチ回路群は、少なくとも第1スイッチ回路と第2スイッチ回路とを含み、記出力制御回路は、前記駆動トランジスタと前記第1スイッチ回路の一端との間に配置された第3スイッチと、前記駆動トランジスタと前記第2スイッチ回路の一端との間に配置された第4スイッチと、制御信号に基づいて、前記第3及び第4スイッチのオンオフを制御することにより、前記スイッチ群と前記駆動トランジスタとの接続を変更し、前記駆動トランジスタと、前記比較増幅回路間の抵抗値を変更するスイッチ制御回路とを含むことが好ましい。

【0021】

上記構成により、輝度調整用のスイッチ回路を用いて、比較増幅回路からの駆動信号の dv/dt を小さくすることができ、発光ダイオード点灯回路のEMIノイズを低コストで低減することができる。また、駆動信号の立ち上がり立下り時間の制御とPWM制御回路によるパルス制御とを同時に行うことができる。

10

【0022】

本発明に係る発光ダイオード点灯回路では、前記出力制御回路は、並列に接続される抵抗値の異なる複数の抵抗と、各抵抗に対応して前記比較増幅回路と前記抵抗との間にそれぞれ設けられた複数のスイッチと、制御信号に基づいて、各スイッチのオンオフを制御することにより前記駆動トランジスタと、前記比較増幅回路との間の抵抗値を変更するスイッチ制御回路とを含むことが好ましい。

【0023】

上記構成により、比較増幅回路の出力に抵抗を設けて比較増幅回路からの駆動信号の dv/dt を小さくすることができ、発光ダイオード点灯回路のEMIノイズを低コストで低減することができる。

20

【0024】

本発明に係る発光ダイオード点灯回路では、前記集積回路は、前記駆動電流に基づく電圧値と基準電圧とに基づいて、前記駆動トランジスタを制御する駆動信号を供給する比較増幅回路と、前記比較増幅回路の動作電流を制御することにより、前記駆動信号の制御を行うために設けられた動作電流制御回路を含むことが好ましい。

【0025】

上記構成により、比較増幅回路の動作電流が制御され、比較増幅回路の駆動能力が調整されて、比較増幅回路により供給される駆動信号の dv/dt を小さくことができ、発光ダイオード点灯回路のEMIノイズを低コストで低減することができる。

30

【0026】

本発明に係る発光ダイオード点灯回路では、前記動作電流制御回路は、前記比較増幅回路に定電流を供給するために、複数の電流源と、供給される電流源の数を調整するスイッチと、制御信号に基づいて前記スイッチを制御するスイッチ制御回路により、動作電流を制御することが好ましい。

【0027】

上記構成により、定電流源のトランジスタの数を変更し、即ち、トランジスタのサイズを変更することにより定電流値を変更し、これにより、比較増幅回路の駆動能力を変更して、駆動信号の dv/dt を小さくし、発光ダイオード点灯回路のEMIノイズを低コストで低減することができる。

40

【0028】

本発明に係る発光ダイオード点灯回路では、前記動作電流制御回路は、前記比較増幅回路に定電流を供給するためのトランジスタを含み、前記トランジスタのゲート電圧を調整することにより、定電流を調整することが好ましい。

【0029】

上記構成により、外部から入力された論理信号に基づいて、比較増幅回路の定電流値を変更し、比較増幅回路により供給される制御パルスの dv/dt を小さくすることができ、発光ダイオード点灯回路のEMIノイズを低コストで低減することができる。

【0030】

50

本発明に係る発光ダイオード点灯回路では、前記トランジスタのゲート電圧は、抵抗分割回路により作成されることが好ましい。

【0031】

上記構成により、簡単な構成でゲート電圧を作成することができる。

【0032】

本発明に係る発光ダイオード点灯回路では、前記集積回路は、前記駆動電流に基づく電圧値と基準電圧とに基づいて、前記駆動トランジスタを制御する前記駆動信号を供給する比較増幅回路と、前記比較増幅回路の出力電流を制御することにより、前記駆動信号の制御を行うために設けられた出力電流制御回路を含むことが好ましい。

【0033】

上記構成により、比較増幅回路の出力電流を制御して、駆動信号の立ち上がり時間及び立ち下がり時間を長くすることができる。

【0034】

本発明に係る発光ダイオード点灯回路では、前記出力電流制御回路は、前記比較増幅回路からの出力電流を制御するために、前記駆動トランジスタに接続される出力バッファの数を調整するスイッチと、制御信号に基づいて、前記スイッチのオンオフを制御するスイッチ制御回路とを含むことが好ましい。

【0035】

上記構成により、簡単な構成で比較増幅回路の出力電流を制御することができる。

【0036】

本発明に係る発光ダイオード点灯回路では、前記制御信号は、前記集積回路に設けられた制御端子から入力され、前記制御信号は、前記駆動信号の制御値を示す信号であることが好ましい。

【0037】

上記構成により、駆動信号の立ち上がり時間及び立ち下がり時間を集積回路の外部から制御することができる。

【0038】

本発明に係る発光ダイオード点灯回路は、発光ダイオードの駆動電流を制御する駆動トランジスタと、前記駆動トランジスタを制御する集積回路とを備え、前記集積回路は、前記駆動電流に基づく電圧と基準電圧とに基づいて、前記駆動トランジスタを制御する駆動信号を供給する比較増幅回路と、前記比較増幅回路と前記駆動トランジスタとの間に配置されて、前記比較増幅回路により供給される前記駆動信号の立ち上がり時間及び立ち下がり時間を調整するためのフィルタ回路とを含むことを特徴とする。

【0039】

この特徴により、比較増幅回路により供給される制御信号の立ち上がり時間及び立ち下がり時間が調整され、制御信号の立ち上がり時間及び立ち下がり時間を長くするように調整することにより、制御信号の dv/dt を小さくすることができる。回路の EMI ノイズは制御信号の dv/dt に依存するので、駆動信号の立ち上がり時間及び立ち下がり時間を長くすることにより、発光ダイオード点灯回路の EMI ノイズを低コストで低減することができる。

【0040】

本発明に係る発光ダイオード点灯回路では、前記フィルタ回路は、可変抵抗と可変容量との少なくともひとつを含むことが好ましい。

【0041】

上記特徴により、可変抵抗と可変容量との少なくともひとつを調整して、比較増幅回路により供給される制御パルスの dv/dt を小さくすることができ、発光ダイオード点灯回路の EMI ノイズを低コストで低減することができる。

【0042】

本発明に係る発光ダイオード点灯回路では、前記発光ダイオードの輝度を調整するための PWM 信号に基づいて、前記駆動トランジスタと前記比較増幅回路との間に設けられた

10

20

30

40

50

スイッチのオンオフを制御するスイッチ制御回路とをさらに含むことが好ましい。

【発明の効果】

【0043】

本発明に係る発光ダイオード点灯回路は、比較増幅回路により供給される制御パルスの立ち上がり時間及び立ち下がり時間を制御する制御手段を設けたので、制御パルスの微分速度 (dv/dt) を小さくすることができる。回路のEMIノイズは制御パルスの dv/dt に依存するので、制御パルスの立ち上がり時間及び立ち下がり時間を長くすることにより、発光ダイオード点灯回路のEMIノイズを低コストで低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0044】

10

【図1】実施の形態に係る発光ダイオード点灯回路の基本原理を示す回路図である。

【図2】実施の形態1に係る発光ダイオード点灯回路の基本概念を示す回路図である。

【図3】実施の形態1に係る発光ダイオード点灯回路の構成を示す回路図である。

【図4】上記発光ダイオード点灯回路の動作に使用される真理値表を示す図である。

【図5】実施の形態1に係る他の発光ダイオード点灯回路の構成を示す回路図である。

【図6】実施の形態2に係る発光ダイオード点灯回路の構成を示す回路図である。

【図7】実施の形態3に係る発光ダイオード点灯回路の構成を示す回路図である。

【図8】実施の形態3に係る他の発光ダイオード点灯回路の構成を示す回路図である。

【図9】実施の形態3に係るさらに他の発光ダイオード点灯回路の構成を示す回路図である。

20

【図10】実施の形態3に係るさらに他の発光ダイオード点灯回路の構成を示す回路図である。

【図11】実施の形態4に係る発光ダイオード点灯回路の構成を示す回路図である。

【図12】実施の形態4に係る他の発光ダイオード点灯回路の構成を示す回路図である。

【図13】従来の発光ダイオード点灯回路の構成を示す回路図である。

【発明を実施するための形態】

【0045】

本発明の発光ダイオード点灯回路に関する実施の一形態について図1～図13に基づいて説明すれば以下のとおりである。

【0046】

30

(本発明の基本原理)

図1は、実施の形態に係る発光ダイオード点灯回路の基本原理を示す回路図である。発光ダイオード点灯回路は、LEDを6個直列に接続したLEDアレイ5と、LEDアレイ5を点灯させるためにLEDアレイ5の一端に接続された電源Vdd1と、LEDアレイ5の他端に接続された定電流回路1とを備えている。

【0047】

定電流回路1は、LEDアレイ5の他端に接続されたパワーMOSトランジスタにより構成されて、LEDアレイ5の駆動電流を制御する駆動トランジスタ6と、駆動トランジスタ6に対してLEDアレイ5の反対側に接続された抵抗26と、集積回路により構成されて駆動トランジスタ6を制御するLED駆動回路7とを備えている。

40

【0048】

LED駆動回路7には、LEDの輝度コントロール、複数のLEDアレイの駆動、LEDのオープン検出、ショート検出等、色々な機能が備えられている。しかしながら、図1には、LEDアレイ5に流れる定電流値の制御を行うオペアンプ8と、輝度コントロールのためのPWM制御回路28のみを記載している。

【0049】

LED駆動回路7は、オペアンプ8を有している。オペアンプ8は、駆動トランジスタ6によりLEDアレイ5に供給される駆動電流に基づく電圧V0と基準電圧Vrefとに基づいて、駆動トランジスタ6を制御する制御パルスを、スイッチ回路27を介して駆動トランジスタ6に供給する。

50

【0050】

図1に示すように、LED駆動回路7内のオペアンプ8と駆動トランジスタ6と抵抗26とにより定電流回路が構成される。Vref端子に入力される基準電圧Vrefと抵抗26の抵抗値とにより決まる電流によりLEDアレイ5のLEDが点灯される。

【0051】

さらに、LED駆動回路7は、端子PWM_INから入力されるPWM波形によりLEDの輝度を調整する機能を備える。LED駆動回路7は、PWM制御回路28とプルダウントランジスタ29とを有している。PWM制御回路28は、端子PWM_INに入力されるPWM波形に基づいて、スイッチ回路27及びプルダウントランジスタ29を制御する。

10

【0052】

具体的には、PWM制御回路28は、端子PWM_INから入力されるPWM波形が“H”の場合スイッチ回路27をオンにし、プルダウントランジスタ29をオフにする。このとき駆動トランジスタ6には上記定電流が流れLEDが点灯する。PWM波形が“L”の場合スイッチ回路27をオフし、プルダウントランジスタ29をオンする。このとき駆動トランジスタ6がオフしLEDは消灯する。上記のようにLEDのオンオフを繰り返すことによりLEDの輝度を調整することができる。

【0053】

図1に示す定電流回路1は、前述した図13に示す従来の定電流回路91に対してLED駆動回路が異なる。LED駆動回路7には、制御端子12が付加されている。この制御端子12に入力される制御信号を制御することにより、LED点灯電流を制御するトランジスタ6を駆動する制御パルスVopの立ち上がり（立下り）時間（ dv/dt ）を制御することができる。

20

【0054】

LEDアレイ5を駆動するための制御パルスVopが急激に立ち上がると、EMI (Electro Magnetic Interference)ノイズが発生してしまう。EMIノイズは、 dv/dt に依存するため、制御パルスの立ち上がり（立下り）を鈍らせることにより、制御パルスの立ち上がり時間及び立ち下り時間が長くなり、EMIノイズの発生を防ぐことができる。

【0055】

30

図1に示す回路において、LEDを6個直列に接続したLEDアレイ5を点灯させるため、電源Vdd1と定電流回路1とをLEDアレイ5に接続している。例えば、LEDを順方向降下電圧Vfが3.6V (typ.)で白色の発光を行う発光ダイオードであるとした場合、LEDアレイ5での降下電圧はLEDの順方向降下電圧Vfの総和である21.6Vである。電源Vdd1の電圧値を30Vとした場合、駆動トランジスタ6のLEDアレイ5側の電圧は8.4Vになる。

【0056】

LEDを順方向降下電圧Vfが2.1V (typ.)で橙色の発光を行う発光ダイオードとした場合、LEDアレイ5での降下電圧はLEDの順方向降下電圧Vfの総和である12.6Vである。電源Vdd1の電圧値を同様に30Vとした場合、駆動トランジスタ6のLEDアレイ5側の電圧は17.4Vになる。

40

【0057】

このように、同じ電源Vdd1を使用してLEDの点灯を行っても、点灯させるLED及び接続するLEDの個数によって、駆動トランジスタ6に印加される電圧に差が生じる。また、照明装置として製品になったときには、LEDアレイ5と駆動トランジスタ6との間に製品毎に異なる長さの配線等が配置されるため、製品によって異なる寄生素子が駆動トランジスタ6に影響を与える事になる。このため上記のような色々な状況変化により、駆動トランジスタ6がオンするときの電流の流れ方に差が生じる。

【0058】

図1に示すLED駆動回路7は、このような状況に対応するために、制御端子12に入

50

力される制御信号を制御して、駆動トランジスタ6を駆動する制御パルスVopの立ち上がり（立下り）時間（ dv/dt ）を制御する。この事により、LED駆動回路7を備えた照明装置は製品毎にEMIノイズの発生を防止するように調整を行う事が可能となる。

【0059】

以下に、LEDアレイ5を駆動するための制御パルスVopの dv/dt を制御する具体的な回路例を以下に示す。

【0060】

（実施の形態1）

（基本概念）

図2は、実施の形態1に係る発光ダイオード点灯回路の基本概念を示す回路図である。前述した構成要素と同一の構成要素には同一の参照符号を付し、その詳細な説明は繰り返さない。

10

【0061】

発光ダイオード点灯回路は定電流回路1Aを備え、定電流回路1AはLED駆動回路7Aを有している。LED駆動回路7Aのオペアンプ8Aは、動作電流制御回路2Aを備えている。動作電流制御回路2Aは、オペアンプ8Aの差動部138に定電流を供給する定電流源を抜き出して模式的に記載しているもので、定電流を供給するために互いに並列に配置された4個のトランジスタ9a・9b・9c・9dが設けられている。各トランジスタ9a・9b・9c・9dのゲートは、制御端子12に結合されている。

20

【0062】

図2には、オペアンプ8Aの動作電流を制御して駆動能力を変更する概念を示している。オペアンプ8Aは動作電流制御回路2Aにより、回路全体で流すことができる電流が定められる定電流機能が備わっている。定電流が少ないとオペアンプ8Aの出力につながる容量負荷への充電も遅くなるため、オペアンプ8Aの駆動能力が低くなる。逆に、定電流が大きいと、容量負荷への充電が早くなり、駆動能力が高くなる。

【0063】

図2に示すLED駆動回路7Aは、オペアンプ8Aの差動部138に供給する定電流の変更をトランジスタ数の変更により行う。駆動能力を変更するための制御端子12に入力する制御電圧の値に応じて定電流源のトランジスタ数が変更される。即ち、トランジスタのサイズを変更することにより、オペアンプ8Aの差動部138に供給する定電流値を変更する。この事によりオペアンプ8Aの駆動能力を変更することが可能となる。

30

【0064】

上記のようにオペアンプ8Aの駆動能力の変更と容量負荷への充電速度に前述したような関係が有る。すなわち、駆動能力を下げると、充電速度が遅くなって出力の変化が遅くなり、立ち上がり時間・立ち下がり時間は遅くなる。逆に、駆動能力を上げれば、充電速度が速くなって、立ち上がり時間・立ち下がり時間は速くなる。このように、オペアンプ8Aの駆動能力の変更により、LED点灯電流を制御するトランジスタ6を駆動する制御パルスVopの立ち上がり（立下り）時間（ dv/dt ）を制御することができる。

【0065】

（実施の形態1に係る発光ダイオード点灯回路）

40

図3は、実施の形態1に係る発光ダイオード点灯回路の構成を示す回路図である。前述した構成要素と同一の構成要素には同一の参照符号を付し、その詳細な説明は繰り返さない。一般的な差動増幅回路により定電流を変更する回路を備えた例を図3に示している。

【0066】

発光ダイオード点灯回路は定電流回路1Bを備え、定電流回路1BはLED駆動回路7Bを有している。LED駆動回路7Bは、オペアンプ8Bを含み、オペアンプ8Bの差動部138には、定電流を供給するために図3において互いに並列に配置された4個のトランジスタ9a・9b・9c・9dが設けられている。各トランジスタ9a・9b・9c・9dのゲートは、バイアス回路34に結合されている。

【0067】

50

トランジスタ 9 a と差動部 1 3 8 との間にスイッチ 1 0 a が設けられている。トランジスタ 9 b と差動部 1 3 8 との間にトランジスタ 1 0 b が設けられている。トランジスタ 9 c と差動部 1 3 8 との間にトランジスタ 1 0 c が設けられている。

【0068】

差動部 1 3 8 と駆動トランジスタ 6 との間にトランジスタ 3 5 が設けられている。トランジスタ 3 5 のゲートは、差動部 1 3 8 に接続されている。トランジスタ 3 5 のドレインは駆動トランジスタ 6 のゲートに接続されている。

【0069】

駆動トランジスタ 6 のゲートには、互いに並列に配置された 4 個のトランジスタ 3 0 a ・ 3 0 b ・ 3 0 c ・ 3 0 d が設けられている。各トランジスタ 3 0 a ・ 3 0 b ・ 3 0 c ・ 3 0 d のゲートは、バイアス回路 3 4 に結合されている。

10

【0070】

トランジスタ 3 0 a と駆動トランジスタ 6 のゲートとの間にトランジスタ 3 1 a が設けられている。トランジスタ 3 0 b と駆動トランジスタ 6 のゲートとの間にトランジスタ 3 1 b が設けられている。トランジスタ 3 0 c と駆動トランジスタ 6 のゲートとの間にトランジスタ 3 1 c が設けられている。

【0071】

L E D 駆動回路 7 B には、制御端子 1 2 A ・ 1 2 B に入力された制御信号に基づいて、トランジスタ 1 0 a ・ 1 0 b ・ 1 0 c 及びトランジスタ 3 1 a ・ 3 1 b ・ 3 1 c のオンオフを制御するスイッチ制御回路 1 1 が設けられている。スイッチ制御回路 1 1 は、セレクト 3 2、及び論理素子 3 3 a ・ 3 3 b を有している。

20

【0072】

図 4 は、上記発光ダイオード点灯回路の動作に使用される真理値表を示す図である。セレクト 3 2 は、制御端子 1 2 A ・ 1 2 B から入力 A ・ B をそれぞれ受け取り、図 4 に示す真理値表に従って出力 Q 1 ・ Q 2 ・ Q 3 ・ Q 4 を供給する。論理素子 3 3 a は、出力 Q 1 と出力 Q 2 とに基づいて、図 4 に示す真理値表に従い、制御信号 Q 6 をトランジスタ 1 0 b 及び 3 1 b に供給しオンオフを制御する。出力 Q 1 は、そのまま制御信号 Q 5 としてトランジスタ 1 0 a 及び 3 1 a に供給されオンオフを制御する。論理素子 3 3 b は、出力 Q 4 に基づいて、図 4 に示す真理値表に従って、制御信号 Q 7 をトランジスタ 1 0 c 及び 3 1 c に供給しオンオフを制御する。

30

【0073】

バイアス回路 3 4 により作成される定電流は、トランジスタ 9 a ～ 9 d、3 0 a ～ 3 0 d に伝えられる。そして、トランジスタ 9 a ～ 9 d、3 0 a ～ 3 0 d にバイアス回路 3 4 で作成された定電流と同じ定電流が流れる。

【0074】

トランジスタ 9 a ～ 9 d にて、差動段（オペアンプ 8）に定電流を与える。トランジスタ 9 a ～ 9 d に流れる定電流は、トランジスタ 1 0 a ～ 1 0 c を使用して、選択的に差動段に与えられる。

【0075】

つまり、トランジスタ 1 0 a ～ 1 0 c がすべてオンの場合は、差動段に与えられる定電流はトランジスタ 9 a ～ 9 d に流れる電流の総和となる。この場合を 1 とすると、トランジスタ 1 0 a がオフした場合は $3/4$ の定電流が差動段に与えられ、トランジスタ 1 0 a 及び 1 0 b がオフした場合は、 $2/4$ （ $1/2$ ）の定電流が差動段に与えられ、トランジスタ 1 0 a ・ 1 0 b ・ 1 0 c がオフした場合は $1/4$ の定電流が差動段に与えられる。

40

【0076】

トランジスタ 3 0 a ～ 3 0 d は出力段へ定電流を与える。上記と同様にトランジスタ 3 1 a ～ 3 1 c のオンオフにより電流の大きさを変化させることができる。

【0077】

このときトランジスタ 1 0 a ～ 1 0 c、3 1 a ～ 3 1 c のオンオフはセレクト 3 2 とロジック回路 3 3 a ・ 3 3 b により制御される。

50

【0078】

トランジスタ10a～10c、31a～31cは制御信号が“1”のときに導通するスイッチであり、例えばNchトランジスタにより構成される。図4には、この時の真理値表が示されている。LED駆動回路7Bには、制御端子12A・12Bが備えられており、入力A、Bが供給される。

【0079】

入力Aと入力Bとの2値(0、1)の値の組み合わせにより、セクタ32の出力Q1～Q4のいずれかが“1”になる。トランジスタ10a～10c、31a～31cを制御する制御信号Q5～Q7の状態はロジックにより図4に示す真理値表の値に決定される。

【0080】

この事により、入力Aと入力Bとにより、オペアンプ8に流れる定電流の大きさを変化させることができる。具体的には(A、B)=(0、0)の場合、作成された定電流は全てオペアンプ8の回路に使用される。この場合の定電流の値を1とすると、(A、B)=(0、1)の場合トランジスタ10a、31aがオフするため、定電流は3/4になる。(A、B)=(1、0)の場合トランジスタ10a、31aおよびトランジスタ10b、31bがオフするため定電流は2/4(1/2)になる。(A、B)=(1、1)の場合トランジスタ10a～10c、トランジスタ31a～31cがオフするため定電流は1/4になる。

【0081】

上記のように制御端子12A・12Bに入力する値によりオペアンプ8Bの定電流の大きさを覚えて駆動能力を調整することが可能である。

【0082】

(実施の形態1に係る他の発光ダイオード点灯回路)

図5は、実施の形態1に係る他の発光ダイオード点灯回路の構成を示す回路図である。前述した構成要素と同一の構成要素には同一の参照符号を付し、その詳細な説明は繰り返さない。図5には、オペアンプ8の定電流の大きさを変更する別の回路例を示している。

【0083】

発光ダイオード点灯回路は定電流回路1Cを備え、定電流回路1CはLED駆動回路7Cを有している。LED駆動回路7Cは、オペアンプ8Cを含み、オペアンプ8Cは差動部138に定電流を供給するためのトランジスタ36aと、駆動トランジスタ6のゲートに接続されたトランジスタ36bとを有している。LED駆動回路7Cには、抵抗分割回路13により調整されて制御端子12に入力された制御電圧をトランジスタ36a・36bのゲートに与えるボルテージフォロワのオペアンプ37が設けられている。トランジスタ36aは、抵抗分割回路13により調整されて制御端子12に入力された制御電圧に基づいて、差動部138に定電流を供給する。

【0084】

図5に示す例では、固定抵抗と可変抵抗とにより、抵抗分割回路13を構成して、入力端子12に入力する電圧値を調整している。

【0085】

上記のように制御端子12に与える電圧値により定電流を制御し、オペアンプ8Cの駆動能力を変更することができる。

【0086】

(実施の形態2)

(実施の形態2に係る発光ダイオード点灯回路)

図6は、実施の形態2に係る発光ダイオード点灯回路の構成を示す回路図である。前述した構成要素と同一の構成要素には同一の参照符号を付し、その詳細な説明は繰り返さない。図6には、オペアンプ8の出力段の電流を変更する回路例が示されている。

【0087】

発光ダイオード点灯回路は定電流回路1Dを備え、定電流回路1DはLED駆動回路7Dを有している。LED駆動回路7Dは、オペアンプ8Dと、オペアンプ8Dから出力す

10

20

30

40

40

る出力電流を制御する出力電流制御回路 3 D を有している。出力電流制御回路 3 D は、オペアンプ 8 D の出力段のトランジスタ数を変更可能にした物で、図 6 において、駆動トランジスタ 6 に対して互いに並列に配置された 4 個のトランジスタ 1 4 a ・ 1 4 b ・ 1 4 c ・ 1 4 d を有している。各トランジスタ 1 4 a ・ 1 4 b ・ 1 4 c ・ 1 4 d のゲートは、バイアス回路 3 4 に結合されている。トランジスタ 1 4 a と駆動トランジスタ 6 のゲートとの間にトランジスタ 1 0 a が設けられている。トランジスタ 1 4 b と駆動トランジスタ 6 のゲートとの間にトランジスタ 1 0 b が設けられている。トランジスタ 1 4 c と駆動トランジスタ 6 のゲートとの間にトランジスタ 1 0 c が設けられている。

【0088】

出力電流制御回路 3 D は、制御端子 1 2 A ・ 1 2 B に入力された制御信号に基づいて、トランジスタ 1 0 a ・ 1 0 b ・ 1 0 c のオンオフを制御するスイッチ制御回路 1 1 を含んでいる。出力電流制御回路 3 D には、トランジスタ（出力バッファ）3 8 a ・ 3 8 b ・ 3 8 c ・ 3 8 d が設けられている。トランジスタ 3 8 a は、トランジスタ 1 4 a と接続され、トランジスタ 1 0 a を介して駆動トランジスタ 6 のゲートに結合されており、トランジスタ 3 8 a のゲートは差動部 1 3 8 の出力に結合されている。トランジスタ 3 8 b は、トランジスタ 1 4 b と接続され、トランジスタ 1 0 b を介して駆動トランジスタ 6 のゲートに結合されており、トランジスタ 3 8 b のゲートは差動部 1 3 8 の出力に結合されている。トランジスタ 3 8 c は、トランジスタ 1 4 c と接続され、トランジスタ 1 0 c を介して駆動トランジスタ 6 のゲートに結合されており、トランジスタ 3 8 c のゲートは差動部 1 3 8 の出力に結合されている。トランジスタ 3 8 d は、トランジスタ 1 4 d と接続され、駆動トランジスタ 6 のゲートに結合されており、トランジスタ 3 8 d のゲートは差動部 1 3 8 の出力に結合されている。

【0089】

L E D 駆動回路 7 D には、制御端子 1 2 A ・ 1 2 B に入力された制御信号に基づいて、トランジスタ 1 0 a ・ 1 0 b ・ 1 0 c 、及びトランジスタ 3 1 a ・ 3 1 b ・ 3 1 c のオンオフを制御する図 3 で示したものと同一、スイッチ制御回路 1 1 が設けられている。

【0090】

スイッチ制御回路 1 1 は、図 4 に示す真理値表に従い、制御信号 Q 6 をトランジスタ 1 0 b に供給しオンオフを制御する。出力 Q 1 は、そのまま制御信号 Q 5 としてトランジスタ 1 0 a に供給されオンオフを制御する。論理素子 3 3 b は、出力 Q 4 に基づいて、図 4 に示す真理値表に従って、制御信号 Q 7 をトランジスタ 1 0 c に供給しオンオフを制御する。

バイアス回路 3 4 により作成される定電流は、トランジスタ 1 4 a ～ 1 4 d に伝えられる。そして、トランジスタ 1 4 a ～ 1 4 d にバイアス回路 3 4 で作成された定電流と同じ定電流が流れる。

【0091】

トランジスタ 1 4 a ～ 1 4 d にて、出力段（駆動トランジスタ 6 ）に定電流を与える。トランジスタ 1 4 a ～ 1 4 d に流れる定電流は、トランジスタ 1 0 a ～ 1 0 c を使用して、選択的に出力段に与えられる。

【0092】

図 6 に示すように、出力段のトランジスタ 1 4 a ・ 1 4 b ・ 1 4 c ・ 1 4 d を 4 段設け、この出力トランジスタ 1 4 a ・ 1 4 b ・ 1 4 c ・ 1 4 d を図 3 と同じセレクタ 3 2 により、駆動トランジスタ 6 のゲートとの接続を 4 段から 1 段へと変更する。この事により出力段のトランジスタサイズを 1 から 1 / 4 に変更するのと同じ効果が発生し、オペアンプ 8 の駆動能力の変更が可能となる。

【0093】

なお、前述した図 1 ～図 3 、図 5 及び図 6 では P W M 制御回路 2 8 がある場合を示しているが、本発明はこれに限定されない。上記実施の形態ではオペアンプの制御を行うため、P W M 制御回路がない場合でも実施可能である。

【0094】

(実施の形態 3)

(実施の形態 3 に係る発光ダイオード点灯回路)

図 7 は、実施の形態 3 に係る発光ダイオード点灯回路の構成を示す回路図である。前述した構成要素と同一の構成要素には同一の参照符号を付し、その詳細な説明は繰り返さない。

【0095】

発光ダイオード点灯回路は定電流回路 1 E を備え、定電流回路 1 E は L E D 駆動回路 7 E を有している。L E D 駆動回路 7 E は、オペアンプ 9 8 と駆動トランジスタ 6 との間に配置されて、オペアンプ 9 8 により供給される制御パルスの立ち上がり時間及び立ち下がり時間を調整するためのフィルタ回路 4 E を備えている。フィルタ回路 4 E は、一端が駆動トランジスタ 6 のゲートに接続され、他端が接地された容量 3 9 と、一端が駆動トランジスタ 6 のゲート及び容量 3 9 に接続され、他端がトランジスタ 3 5 に接続されて、制御端子 1 2 A ・ 1 2 B に外付けされた可変抵抗 2 4 とを有している。

【0096】

オペアンプ 9 8 は図 1 3 で示した従来回路のオペアンプ 9 8 と同様のものであり、図 7 では内部回路の一例を示している。図 7 では図 1 3 に示すスイッチ回路 7 7、P W M 制御回路 7 8、プルダウントランジスタ 7 9 を示していないが、図 7 の実施例では P W M 制御回路がない場合でも実施が可能である事を示しているだけであり、P W M 制御回路等を設けても良い。後述する図 8 ～図 1 2 に示す例についても同様である。

【0097】

このように外付けの可変抵抗 2 4 と内蔵の容量 3 9 によるフィルタ回路 4 E を設け、この外付けの可変抵抗 2 4 の抵抗値を変更調整することにより、フィルタの特性を変化させ、オペアンプ 8 の出力の dv/dt を調整することができる。

【0098】

(実施の形態 3 に係る他の発光ダイオード点灯回路)

図 8 は、実施の形態 3 に係る他の発光ダイオード点灯回路の構成を示す回路図である。前述した構成要素と同一の構成要素には同一の参照符号を付し、その詳細な説明は繰り返さない。

【0099】

発光ダイオード点灯回路は定電流回路 1 F を備え、定電流回路 1 F は L E D 駆動回路 7 F を有している。L E D 駆動回路 7 F は、オペアンプ 9 8 と駆動トランジスタ 6 との間に配置されて、オペアンプ 8 により供給される制御パルスの立ち上がり時間及び立ち下がり時間を調整するためのフィルタ回路 4 F を備えている。フィルタ回路 4 F は、一端が駆動トランジスタ 6 のゲートに接続され、他端が接地された容量 3 9 A と、一端が駆動トランジスタ 6 のゲート及び容量 3 9 に接続され、他端がトランジスタ 3 5 に接続されて、制御端子 1 2 A ・ 1 2 B に外付けされた可変抵抗 2 4 と、一端が可変抵抗 2 4 の他端に接続され、他端が接地された容量 3 9 B とを有している。

【0100】

このように外付けの可変抵抗 2 4 と内蔵の 2 個の容量 3 9 A ・ 3 9 B によるフィルタ回路 4 F を設け、この外付けの可変抵抗 2 4 の抵抗値を変更調整することにより、フィルタの特性を変化させ、オペアンプ 8 の出力の dv/dt を調整することができる。

【0101】

(実施の形態 3 に係るさらに他の発光ダイオード点灯回路)

図 9 は、実施の形態 3 に係るさらに他の発光ダイオード点灯回路の構成を示す回路図である。発光ダイオード点灯回路は定電流回路 1 G を備え、定電流回路 1 G は L E D 駆動回路 7 G を有している。L E D 駆動回路 7 G は、オペアンプ 8 と駆動トランジスタ 6 との間に配置されて、オペアンプ 9 8 により供給される制御パルスの立ち上がり時間及び立ち下がり時間を調整するためのフィルタ回路 4 G を備えている。フィルタ回路 4 G は、一端が駆動トランジスタ 6 のゲートに接続され、他端が接地された抵抗 4 0 A と、一端が駆動トランジスタ 6 のゲート及び抵抗 4 0 A に接続され、他端がトランジスタ 3 5 に接続されて

、制御端子 1 2 A・1 2 B に外付けされた可変容量 2 5 と、一端が可変容量 2 5 の他端に接続され、他端が接地された抵抗 4 0 B とを有している。

【0102】

このように外付けの可変容量 2 5 と内蔵の 2 個の抵抗 4 0 A・4 0 B によるフィルタ回路 4 G を設け、この外付けの可変容量 2 5 の容量値を変更調整することにより、フィルタの特性を変化させ、オペアンプ 8 の出力の dv/dt を調整することができる。

【0103】

図 1 0 は、実施の形態 3 に係るさらに他の発光ダイオード点灯回路の構成を示す回路図である。発光ダイオード点灯回路は定電流回路 1 H を備え、定電流回路 1 H は L E D 駆動回路 7 H を有している。L E D 駆動回路 7 H は、オペアンプ 9 8 により供給される制御パルスの立ち上がり時間及び立ち下がり時間を調整するためのフィルタ回路 4 H を備えている。フィルタ回路 4 H は、一端が制御端子 1 2 に接続され、他端が接地された外付けの可変容量 2 5 によって構成されている。制御端子 1 2 は、駆動トランジスタ 6 のゲート及びトランジスタ 3 5 に結合されている。

【0104】

このように外付けの可変容量 2 5 によるフィルタ回路 4 H を設け、この外付けの可変容量 2 5 の容量値を変更調整することにより、フィルタの特性を変化させ、オペアンプ 9 8 の出力の dv/dt を調整することができる。

【0105】

(実施の形態 4)

(実施の形態 4 に係る発光ダイオード点灯回路)

図 1 1 は、実施の形態 4 に係る発光ダイオード点灯回路の構成を示す回路図である。前述した構成要素と同一の構成要素には同一の参照符号を付している。これらの構成要素についての詳細な説明は繰り返さない。

前述した実施の形態 3 において、外付けの電子部品の値を調節することにより、フィルタの特性を変化させ、オペアンプ 9 8 の出力の dv/dt を調整する例を示したが、本発明はこれに限定されない。図 3 及び図 6 で前述したように、フィルタを構成する電子部品を並列に設け、制御端子に 2 値データを入力してセクタにより部品点数を変更することにより、フィルタの特性を変化させ、オペアンプ 8 の出力の dv/dt を調整するように構成してもよい。図 1 1 にその一例を示す。

図 1 1 には、オペアンプ 9 8 の出力に抵抗を設けて、出力の dv/dt を変更する例を示している。

【0106】

発光ダイオード点灯回路は定電流回路 1 I を備え、定電流回路 1 I は L E D 駆動回路 7 I を有している。L E D 駆動回路 7 I には、オペアンプ 9 8 と駆動トランジスタ 6 との間に配置されて、オペアンプ 9 8 から出力された制御パルスを制御する出力制御回路 3 I が設けられている。

【0107】

出力制御回路 3 I は、駆動トランジスタ 6 のゲートに接続され、互いに並列に配置されて互いに抵抗値の異なる 4 個の抵抗ユニット 1 7 a・1 7 b・1 7 c・1 7 d と、各抵抗ユニット 1 7 a・1 7 b・1 7 c・1 7 d に対応して各抵抗ユニットとオペアンプ 9 8 との間にそれぞれ設けられた 4 個のトランジスタ 1 8 a・1 8 b・1 8 c・1 8 d と、制御端子 1 2 A・1 2 B に入力された制御信号に基づいて、各トランジスタ 1 8 a・1 8 b・1 8 c・1 8 d のオンオフを制御するセクタ 3 2 とを含む。

【0108】

抵抗ユニット 1 7 a は、抵抗 R 1 によって構成されている。抵抗ユニット 1 7 b は、抵抗 R 2・R 3 を有している。抵抗ユニット 1 7 c は、抵抗 R 4・R 5・R 6 を有している。抵抗ユニット 1 7 d は、抵抗 R 7・R 8・R 9・R 1 0 を有している。駆動トランジスタ 6 のゲートと接地との間には、容量 C 1 が接続されている。

【0109】

オペアンプ 9 8 からの出力の dv/dt は抵抗と容量とにより決まる時定数により変化する。図 1 2 に示すように抵抗を 1 ～ 4 倍に変更する事により時定数を 1 ～ 4 倍にする事にして出力の dv/dt を変更する。

【0110】

セレクタ 3 2 は、図 3 及び図 6 に示すセレクタと同様に、入力 A、入力 B = 0、0 のとき出力 Q 1 のみが“1”、入力 A、入力 B = 0、1 のとき出力 Q 2 のみが“1”、入力 A、入力 B = 1、0 のとき出力 Q 3 のみが“1”、入力 A、入力 B = 1、1 のとき出力 Q 4 のみ“1”である。出力 Q 1 から出力 Q 4 が“1”になる事によりトランジスタ 1 8 a ～ 1 8 d がオンする。トランジスタ 1 8 a がオンしたときには抵抗 R 1 と容量 C 1 とにより出力波形が決定する。トランジスタ 1 8 b がオンしたときには抵抗 R 2 + 抵抗 R 3 と容量 C 1 とにより出力波形が決定する。トランジスタ 1 8 c がオンしたときには抵抗 R 4 + 抵抗 R 5 + 抵抗 R 6 と容量 C 1 とにより出力波形が決定する。トランジスタ 1 8 d がオンしたときには抵抗 R 7 + 抵抗 R 8 + 抵抗 R 9 + R 1 0 と容量 C 1 とにより出力波形が決定する。

10

【0111】

抵抗 R 1 ～ 抵抗 R 1 0 が同じ値の抵抗の場合、時定数が 1 倍から 4 倍に変化し、オペアンプ 8 からの出力の dv/dt を変更することができる。

【0112】

上記説明では図 1 に記載の PWM 波形による輝度調整の PWM 制御回路 2 8 は省略していたが、以下に述べるように、図 1 1 に示す抵抗をスイッチ回路 2 7 a ～ 2 7 d と兼用する事ができる。

20

【0113】

(実施の形態 4 に係る他の発光ダイオード点灯回路)

図 1 2 は、実施の形態 4 に係る他の発光ダイオード点灯回路の構成を示す回路図である。前述した構成要素と同一の構成要素には同一の参照符号を付している。これらの構成要素についての詳細な説明は繰り返さない。図 1 2 には、図 1 1 に示す抵抗ユニット 1 7 a ～ 1 7 d を輝度調整用のスイッチ回路 2 7 a ～ 2 7 d で兼用した例を示している。

【0114】

発光ダイオード点灯回路は定電流回路 1 J を備え、定電流回路 1 J は LED 駆動回路 7 J を有している。LED 駆動回路 7 J には、オペアンプ 8 と駆動トランジスタ 6 との間に配置されて、オペアンプ 9 8 から出力された出力電流を制御する出力制御回路 3 J が設けられている。

30

【0115】

出力制御回路 3 J は、直列に結合された 4 個のスイッチ回路 2 7 a ・ 2 7 b ・ 2 7 c ・ 2 7 d を有している。スイッチ回路 2 7 a の一端は、トランジスタ 3 5 に接続されている。スイッチ回路 2 7 a の他端はスイッチ回路 2 7 b の一端に結合されている。スイッチ回路 2 7 b の他端はスイッチ回路 2 7 c の一端に結合され、スイッチ回路 2 7 c の他端はスイッチ回路 2 7 d の一端に結合されている。

【0116】

スイッチ回路 2 7 a の他端と駆動トランジスタ 6 のゲートとの間にトランジスタ 1 8 a が設けられている。スイッチ回路 2 7 b の他端と駆動トランジスタ 6 のゲートとの間にトランジスタ 1 8 b が設けられている。スイッチ回路 2 7 c の他端と駆動トランジスタ 6 のゲートとの間にトランジスタ 1 8 c が設けられている。スイッチ回路 2 7 d の他端と駆動トランジスタ 6 のゲートとの間にトランジスタ 1 8 d が設けられている。

40

【0117】

出力制御回路 3 J は、セレクタ 3 2 を有している。セレクタ 3 2 は、制御端子 1 2 A ・ 1 2 B に入力された制御信号に基づいて、各トランジスタ 1 8 a ・ 1 8 b ・ 1 8 c ・ 1 8 d のオンオフを制御する。

【0118】

トランジスタ 1 8 a ～ 1 8 d は、制御信号が“1”のときに導通するスイッチであり、

50

例えばN c hトランジスタとP c hトランジスタとを並列接続するアナログスイッチにより構成される。

【0119】

PWM制御回路28は、スイッチ回路27a～27dをスイッチングするが、セレクト32により、スイッチ回路27aから出力される信号、スイッチ回路27aとスイッチ回路27bとを通り出力される信号、スイッチ回路27a～27cを通り出力される信号、スイッチ回路27a～27dを通り出力される信号を選択する。この事により、図11に示す抵抗ユニット17a～17dと同様の効果をスイッチ回路27a～27dで発生させることができる。

【0120】

以上のように実施の形態1～4によれば、オペアンプ8の出力パルスの dv/dt を、制御端子12を介して外部から調整可能に構成したので、EMI規制の異なる海外またはユーザで作成した照明モジュールごとにオンチップ調整が可能となる。

【0121】

また、EMIノイズの発生を抑えるために、スナバ回路を外装部品として設けるが、本実施の形態に係る発光ダイオード点灯回路（対策回路）を内蔵すると、この外装部品の削減が可能になる。

【0122】

ところで、LED駆動用集積回路では、複数色のLEDを点灯させるための複数の駆動回路が設けられている。この複数色のLEDは、昼白色と電球色とを切り換えて駆動するとか、RGBの三原色を点灯してカラー照明を行う等の用途に使用される。「CH」とは、各駆動回路の出力（駆動用トランジスタのゲートを制御する出力）のことを意味する。発明が解決しようとする課題の欄に記載したように、LED駆動回路97と駆動トランジスタ96とは別部品であり、LED駆動回路97と駆動トランジスタ96との間に配線が存在する。例えば、カラー照明用の電球で、RのLEDの駆動トランジスタと、G、BのLEDの駆動トランジスタとを、基板上で離して搭載する必要がある、駆動用集積回路と駆動トランジスタとの間の配線長がRは長く、G、Bは短くなったとする。この場合、駆動用集積回路のRのCH（駆動出力）は、本実施の形態に係る発光ダイオード点灯回路（対策回路）で行う出力波形の遅延量を少なくし、R、BのCHでは、発光ダイオード点灯回路（対策回路）で行う出力波形の遅延量を多くする調整を行う事ができる。このこと

【0123】

本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

【産業上の利用可能性】

【0124】

本発明は、LEDのような複数の発光素子を集合させて1つの光源を構成し、この光源を照明灯として任意の明るさに点灯制御できるようにした発光ダイオード点灯回路に適用することができる。

【符号の説明】

【0125】

- 1 定電流回路（発光ダイオード点灯回路）
- 2 A 動作電流制御回路
- 3 D 出力電流制御回路
- 4 E フィルタ回路
- 5 LEDアレイ（発光ダイオード）
- 6 駆動トランジスタ
- 7 LED駆動回路（駆動トランジスタ）
- 8 オペアンプ（比較増幅回路）

10

20

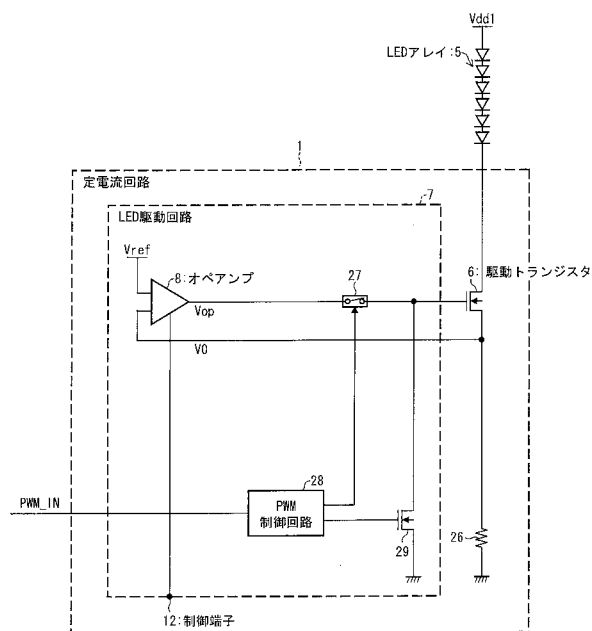
30

40

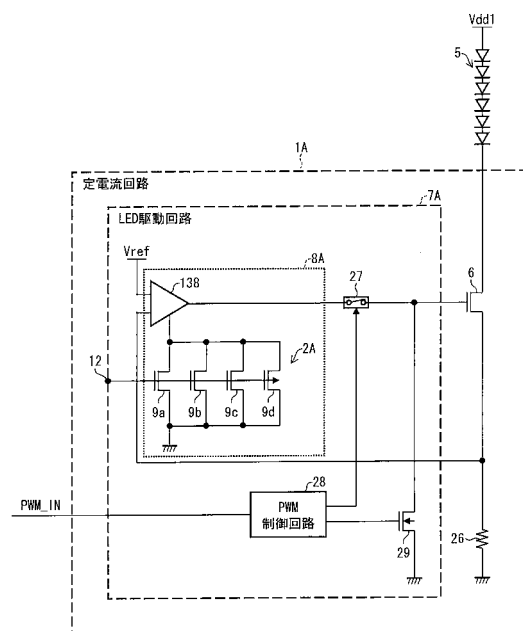
50

- 9 a～9 d トランジスタ
- 10 a～10 d スイッチ
- 11 スイッチ制御回路
- 12 制御端子
- 13 抵抗分割回路
- 14 a～14 d トランジスタ
- 17 a～17 d 抵抗ユニット
- 18 a～18 d トランジスタ（スイッチ）
- 24 可変抵抗
- 25 可変容量
- 27 スイッチ回路
- 138 差動部

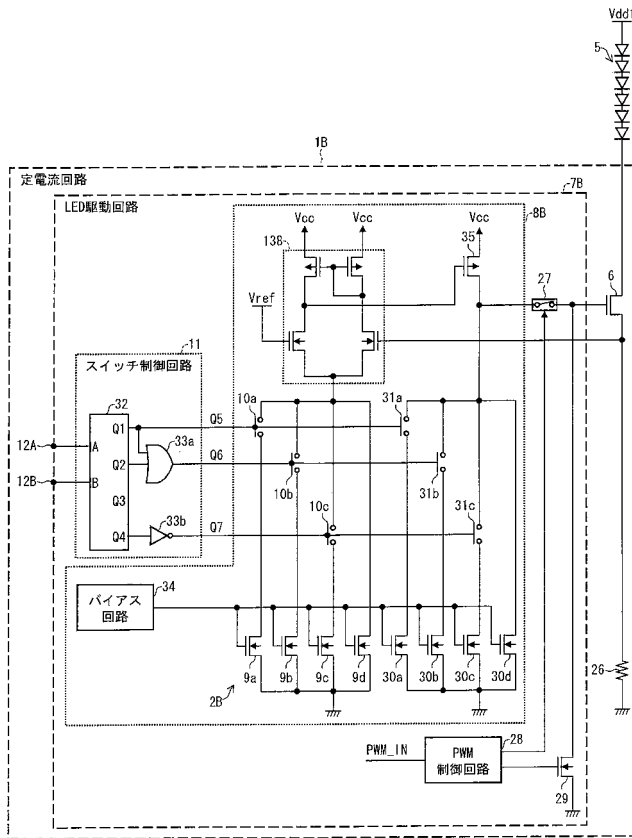
【図 1】



【図 2】



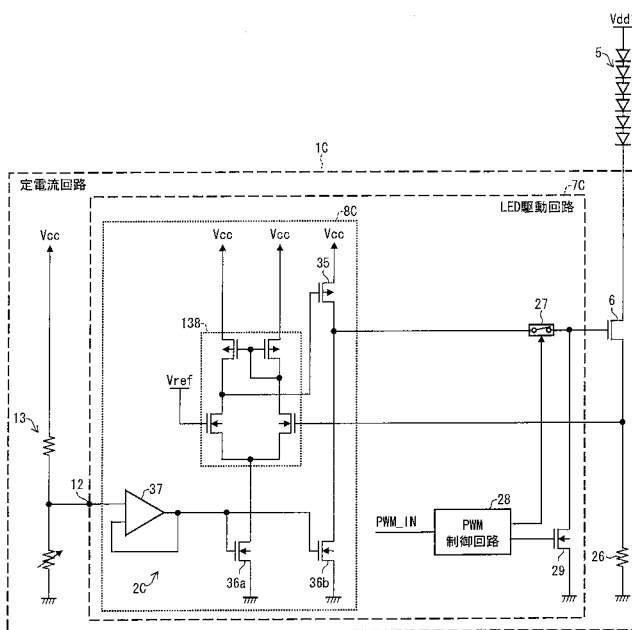
【図 3】



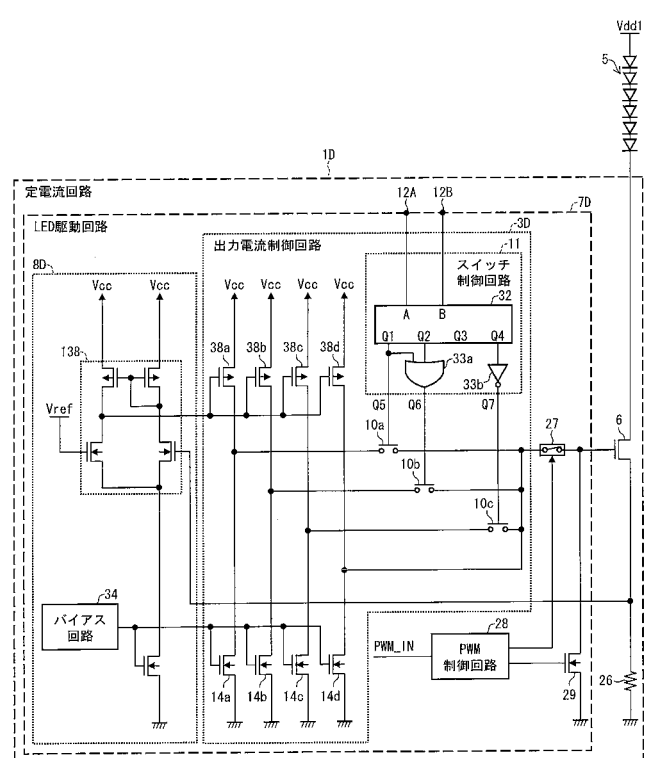
【図 4】

A	B	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7
0	0	1	0	0	0	1	1	1
0	1	0	1	0	0	0	1	1
1	0	0	0	1	0	0	0	1
1	1	0	0	0	1	0	0	0

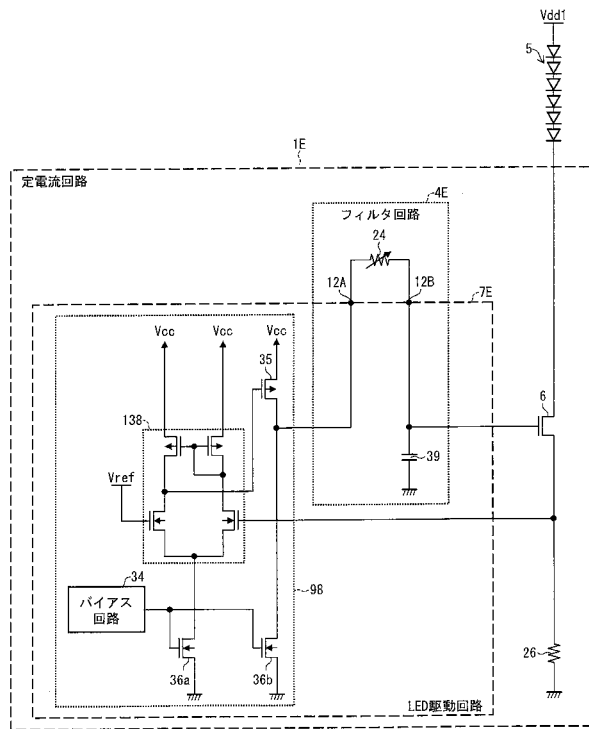
【図 5】



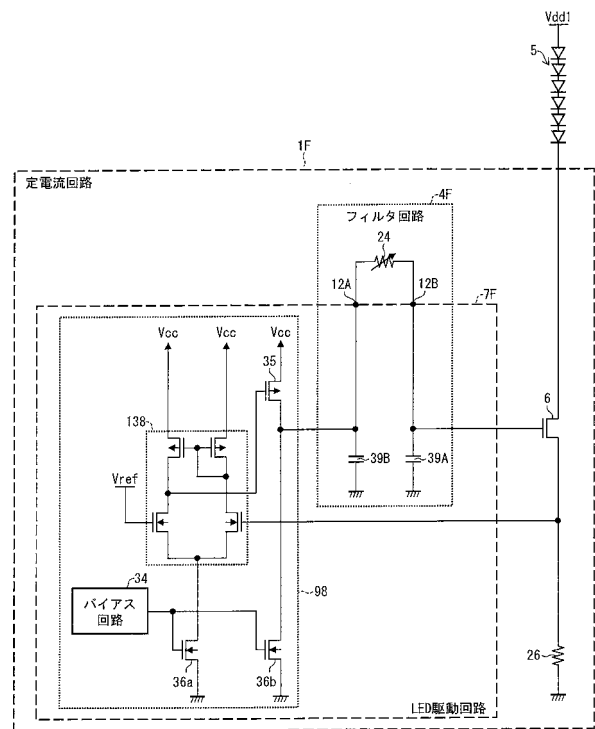
【図 6】



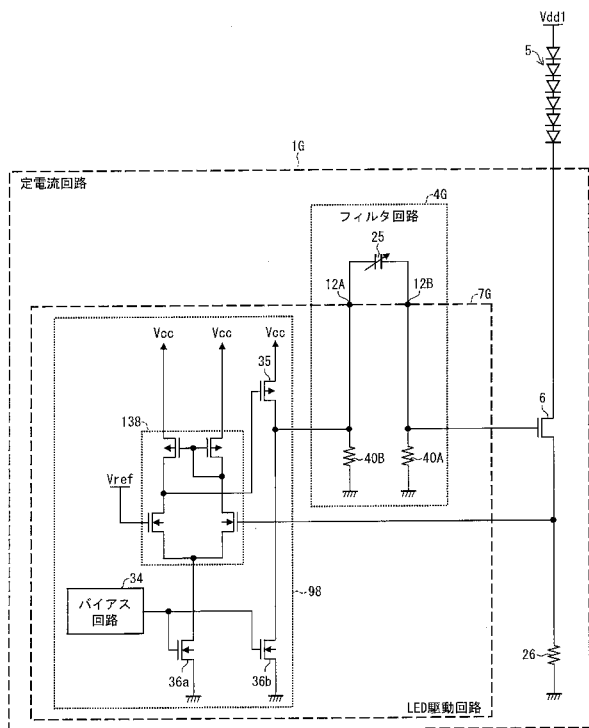
【図 7】



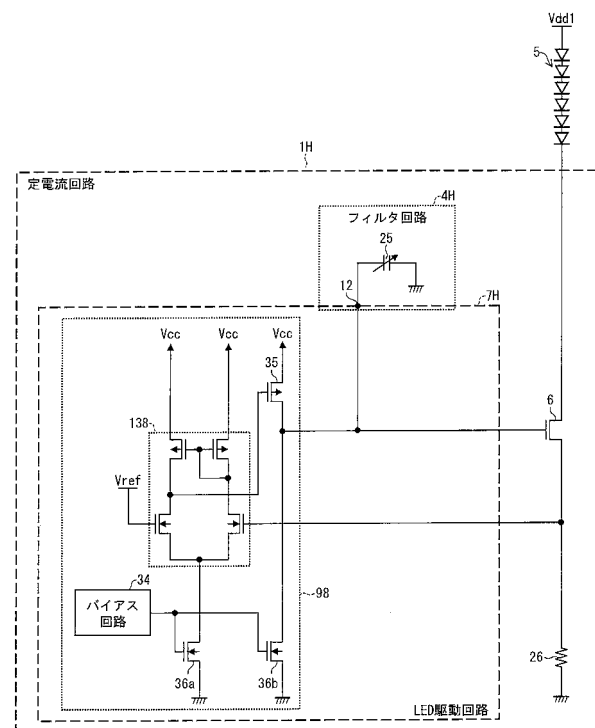
【図 8】



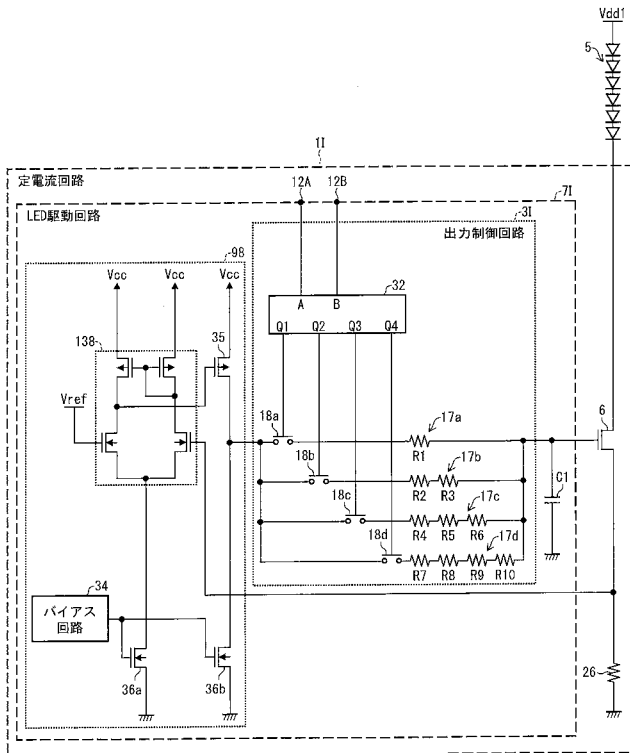
【図 9】



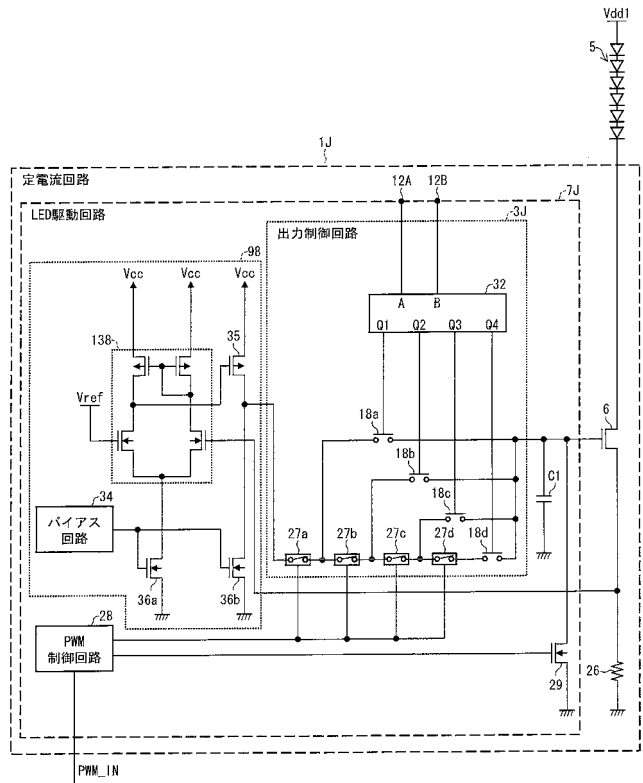
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】

