

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4888343号
(P4888343)

(45) 発行日 平成24年2月29日(2012.2.29)

(24) 登録日 平成23年12月22日(2011.12.22)

(51) Int.Cl. F I
H05B 37/02 (2006.01) H O 5 B 37/02 J
H01L 33/00 (2010.01) H O 1 L 33/00 J

請求項の数 6 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2007-287430 (P2007-287430)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成19年11月5日 (2007.11.5)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開2009-117121 (P2009-117121A)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(43) 公開日	平成21年5月28日 (2009.5.28)	(74) 代理人	110000567
審査請求日	平成22年1月15日 (2010.1.15)		特許業務法人 サトー国際特許事務所
		(72) 発明者	野田 真一
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
		(72) 発明者	小勝負 信明
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
		審査官	渡邊 豊英

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 LED駆動回路

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

直流電源からLEDに供給される駆動電流の通断電を行うスイッチング素子と、
 前記直流電源の電源電圧をA/D変換して検出する電圧検出回路と、
 前記電圧検出回路から出力されるデジタル変換値に基づいて前記電源電圧に応じたデューティ比を持つ駆動信号を生成し、その駆動信号により前記スイッチング素子をオンオフするPWM駆動回路とを備えたLED駆動回路において、
 前記電源電圧の最大値と最小値との間の時間である電源電圧変動時間を計測する変動時間計測手段を設け、

前記PWM駆動回路は、前記変動時間計測手段により計測された前記電源電圧変動時間が前記駆動信号の周期と一致する場合には前記駆動信号の周期を変更することを特徴とするLED駆動回路。

【請求項2】

前記PWM駆動回路は、前記駆動信号の周期の開始直近における前記デジタル変換値に基づいて前記電源電圧に応じたデューティ比を設定することを特徴とする請求項1記載のLED駆動回路。

【請求項3】

前記PWM駆動回路は、前記電源電圧変動時間が前記駆動信号の周期と一致する場合には前記駆動信号の周期を前記電源電圧変動時間より短い周期に変更することを特徴とする請求項1または2記載のLED駆動回路。

【請求項 4】

前記変動時間計測手段は、

前記電源電圧の平均値に対応するデジタル変換値よりも大きい第 1 のしきい値および小さい第 2 のしきい値を設定し、

前記電圧検出回路から出力されるデジタル変換値のうち、前記第 1 のしきい値より大きい値を最大値とし、前記第 2 のしきい値未満の値を最小値として前記電源電圧変動時間を計測することを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の LED 駆動回路。

【請求項 5】

前記変動時間計測手段は、

前記第 1 のしきい値より大きいデジタル変換値が連続する場合、これら連続するデジタル変換値のうち最も大きい値を最大値とし、

前記第 2 のしきい値未満のデジタル変換値が連続する場合、これら連続するデジタル変換値のうち最も小さい値を最小値として前記電源電圧変動時間を計測することを特徴とする請求項 4 記載の LED 駆動回路。

【請求項 6】

前記 PWM 駆動回路は、前記最大値と前記最小値との差が所定値以上であることを条件として、前記駆動信号の周期の変更制御を実行することを特徴とする請求項 4 または 5 記載の LED 駆動回路。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、直流電源の電源電圧に応じたデューティ比で LED を PWM 駆動する LED 駆動回路に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、携帯電話機のイルミネーション用 LED (Light Emitting Diode) の駆動制御方法が記載されており、特許文献 2 には、液晶ディスプレイ内の LED の PWM 駆動方法が記載されている。これらの構成においては、電源電圧が変動した場合、その電圧変動に応じて駆動電流も変動して LED の発光輝度が変化してしまう問題がある。この対策として、変動する可能性のある電源電圧を定電圧回路により変動の小さい定電圧に変換し、この定電圧を印加して LED に駆動電流を供給するということが行われている。しかし、この場合、定電圧回路を設ける必要があるため、回路規模が増大してしまう。

【0003】

そこで、駆動電流の供給経路に直列に挿入されたスイッチング素子を PWM 駆動し、電源電圧変動による駆動電流の変動を抑制する構成が考えられている。図 7 は、このような構成の LED 駆動回路の一例を示している。図 7 に示す LED 駆動回路 1 は、トランジスタ T 1、抵抗 R 1 ~ R 6 および半導体集積回路 2 から構成されており、バッテリーなどの直流電源 3 から電源線 5 およびグランド線 6 を介して LED 4 に駆動電流 I_d を供給するようになっている。電源線 5 とグランド線 6 との間には、抵抗 R 1、LED 4 およびトランジスタ T 1 が直列に接続されている。トランジスタ T 1 のベース・エミッタ間には抵抗 R 2 が接続されている。

【0004】

半導体集積回路 2 は、A/D 変換機能およびトランジスタ T 1 を PWM 駆動するための駆動信号を生成する機能を備えている。半導体集積回路 2 の A/D 入力端子には、直流電源 3 の電圧 V_{BAT} を抵抗 R 3、R 4 により分圧した電圧 V_{det} が抵抗 R 5 を介して入力される。半導体集積回路 2 は、電圧 V_{det} を A/D 変換して得られるデジタル変換値に基づいて電圧 V_{BAT} に応じたデューティ比を持つ駆動信号 S_d を生成する。

【0005】

この駆動信号 S_d は、PWM 出力端子から抵抗 R 6 を介してトランジスタ T 1 のベースに与えられる。駆動信号 S_d のデューティ比は、電圧 V_{BAT} が高い場合には小さく設定さ

10

20

30

40

50

れ、電圧VBATが低い場合には大きく設定される。これにより、電圧VBATが変動した場合でも駆動電流I_dの変動が抑制され、LED4の発光輝度が一定に保たれるようになっている。

【特許文献1】特開2004-072212号公報

【特許文献2】特開2005-173523号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、電圧VBATは、直流電源3に接続されている他の回路の負荷状況に応じて様々な周期で変動する。このため、電圧VBATの最大値と最小値との間の時間（変動時間）が駆動信号S_dのPWM周期と近似することも考えられる。図8は、上記変動時間と駆動信号S_dのPWM周期とが一致した場合の電圧VBATおよび駆動信号S_dの波形例を示している。なお、図8における上向きの矢印は、半導体集積回路2においてA/D変換を行うタイミングを示している。また、電圧VBATの電圧値は、V_{typ}を中心値として最大値V_{max}と最小値V_{min}との間で周期的に変動するようになっている。

10

【0007】

半導体集積回路2は、図8の時刻t₀～t₅、...のそれぞれにおいて矢印のタイミングでA/D変換を行い電圧VBATの電圧値を検出している。これに対し、駆動信号S_dを出力するタイミング、つまり駆動信号S_dのPWM周期の開始点は、時刻t₁、t₃、t₅、...となっている。従って、電圧VBATの変動に応じて駆動信号S_dのデューティ比を変更する場合、このデューティ比の変更が反映された駆動信号S_dが出力されるタイミングは、電圧VBATの電圧値を検出したタイミングよりも遅れることになる。

20

【0008】

すなわち、図8の時刻t₀において、A/D変換により検出された電圧VBATの電圧値は最大値V_{max}である。半導体集積回路2は、これに応じて駆動信号S_dのデューティ比を小さく変更する。このデューティ比の変更は、駆動信号S_dにおいて時刻t₁を開始とするPWM周期で反映される。しかし、このデューティ比を小さく変更した駆動信号S_dが出力される期間（時刻t₁～t₃）の電圧VBATは、中心値V_{typ}より低くなっている。つまり、電圧VBATが低下しているにもかかわらず、トランジスタT₁の通電時間を短くしているため、この期間（時刻t₁～t₃）におけるLED4の発光輝度は通常よりも低くなってしまう。

30

【0009】

また、時刻t₂において、A/D変換により検出された電圧VBATの電圧値は最小値V_{min}であるため、半導体集積回路2は、駆動信号S_dのデューティ比を大きく変更する。しかし、このデューティ比を大きく変更した駆動信号S_dが出力される期間（時刻t₃～t₅）の電圧VBATは、中心値V_{typ}より高くなっている。つまり、電圧VBATが上昇しているにもかかわらず、トランジスタT₁の通電時間を長くしているため、この期間（時刻t₃～t₅）におけるLED4の発光輝度は通常よりも高くなってしまう。

【0010】

このように、半導体集積回路2において、電圧VBATの検出タイミングに対し、駆動信号S_dのデューティ比の変更タイミングが遅れる。このため、直流電源3の電圧VBATの変動時間と駆動信号S_dのPWM周期とが一致した場合にはLED4の発光輝度を調整するためのPWM駆動が逆効果となる。その結果、LED4のちらつきや明滅動作といった問題が生じてしまう。

40

【0011】

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、LEDをPWM駆動する際に電源電圧変動時間にかかわらずLEDの発光輝度を一定化できるLED駆動回路を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

50

請求項 1 記載の手段によれば、電圧検出回路が直流電源の電源電圧を A / D 変換して検出し、P W M 駆動回路が電圧検出回路から出力されるデジタル変換値に基づいて電源電圧に応じたデューティ比を持つ駆動信号を生成する。このため、電源電圧の変動に応じて駆動信号のデューティ比を変更する場合には、従来技術と同様にデューティ比の変更タイミングの遅れが生じる場合がある。しかし、変動時間計測手段が電源電圧の最大値と最小値との間の時間である電源電圧変動時間を計測し、P W M 駆動回路が電源電圧変動時間と駆動信号の周期（P W M 周期）とが一致する場合には駆動信号の P W M 周期を変更する。従って、P W M 駆動回路は、電源電圧の変動時間とは異なる P W M 周期の駆動信号によりスイッチング素子をオンオフし、L E D に供給される駆動電流の通断電を行う。このため、電源電圧の変動に基づく駆動電流の変動を抑えることができ、L E D の発光輝度の変動を抑制できる。

10

【 0 0 1 3 】

請求項 2 記載の手段によれば、P W M 駆動回路は、駆動信号の P W M 周期の開始直近におけるデジタル変換値に基づいて駆動信号のデューティ比を設定する。これにより、電源電圧の検出タイミングに対するデューティ比の変更タイミングの遅れを最小限にとどめることができ、電源電圧の変動に素早く追従してスイッチング素子の通断電を制御することが可能となる。従って、電源電圧の変動による L E D の発光輝度の変動を一層抑制できる。

【 0 0 1 4 】

請求項 3 記載の手段によれば、P W M 駆動回路は、電源電圧変動時間が駆動信号の周期と一致する場合には駆動信号の周期を電源電圧変動時間より短い周期に設定する。これにより、L E D のフリッカの発生を防止することができる。

20

【 0 0 1 5 】

請求項 4 記載の手段によれば、変動時間計測手段は、電源電圧の平均値に対応するデジタル変換値よりも大きい第 1 のしきい値および小さい第 2 のしきい値を設定し、これらしきい値に基づいて最大値と最小値を求める。この場合、平均値を算出する間隔に対応する周波数よりも低い周波数成分の電源電圧については、その都度の第 1 および第 2 のしきい値を適正に設定できる。従って、電源電圧の低域成分（または直流成分）の電圧値が、例えば L E D 駆動回路を起動する度に大きく異なるような場合でも、その都度、電源電圧の平均値を求めることにより、確実に電源電圧変動時間を計測できる。

30

【 0 0 1 6 】

請求項 5 記載の手段によれば、変動時間計測手段は、第 1 のしきい値より大きいデジタル変換値が連続する場合、これら連続するデジタル変換値のうち最も大きい値を最大値とする。また、第 2 のしきい値より小さいデジタル変換値が連続する場合にも、最大値の場合と同様にして最小値を求める。これにより、電源電圧の変動幅が一定でない場合でも、確実に最大値と最小値とを求め、電源電圧変動時間を計測できる。

【 0 0 1 7 】

請求項 6 記載の手段によれば、P W M 駆動回路は、最大値と最小値との差が所定値以上であることを条件として駆動信号の周期の変更制御を実行する。L E D は、その種類に応じて駆動電流の変動に対する発光輝度の変動量が異なる。従って、駆動対象とする L E D の種類に合わせて、発光輝度の変動が問題となる場合にのみ駆動信号の周期の変更制御を実行するように上記所定値を設定すれば、問題となるレベルの発光輝度の変動を確実に抑制できる。また、問題とならないレベルの発光輝度の変動に対しては、上記周期の変更制御を実行しないので、その分 P W M 駆動回路の動作内容を簡単化することができる。

40

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 8 】

以下、本発明の一実施形態について図 1 ~ 図 6 を参照しながら説明する。

図 1 は、L E D 駆動回路の構成図であり、従来技術における図 7 と同一部分には同一符号を付している。図 1 に示す L E D 駆動回路 1 1 は、車載用の E C U（図示せず）に搭載されるものであり、半導体集積回路 1 2、N P N 形のトランジスタ T 1（スイッチング素

50

子に相当)および抵抗 $R_1 \sim R_6$ から構成されている。

【0019】

直流電源3は、例えば車載用のバッテリーであり、その両端は電源線5およびグランド線6に接続されている。電源線5とグランド線6との間には、抵抗 R_1 、LED4およびトランジスタT1が直列に接続されている。トランジスタT1のベース・エミッタ間には、抵抗 R_2 が接続されている。直流電源3は、LED駆動回路11が搭載されるECUに設けられた他の負荷回路13や上記ECUとは別のECU14などへの電源供給も行うようになっている。

【0020】

半導体集積回路12は、A/D変換器15、変動時間計測部16、PWM駆動回路17、入力端子18および出力端子19を備えている。A/D変換器15のアナログ入力端子には、直流電源3の電圧VBAT(電源電圧)を抵抗 R_3 、 R_4 により分圧した電圧Vdetが抵抗 R_5 および入力端子18を介して入力される。A/D変換器15は、電圧VdetをA/D変換し、そのデジタル変換値Daを電圧VBATの検出値として出力する。なお、本実施形態では、抵抗 R_3 、 R_4 およびA/D変換器15が電圧検出回路として機能する。

10

【0021】

変動時間計測部16(変動時間計測手段に相当)は、タイマおよびメモリ(何れも図示せず)を備えている。変動時間計測部16は、A/D変換器15から与えられるデジタル変換値Daを、タイマにより測定した時間を示すデータDt(カウント値)と対応付けてメモリに保存することが可能となっている。変動時間計測部16には、図示しない制御回路から変動基準幅Vおよび変動基準幅Vが与えられている。

20

【0022】

変動基準幅VおよびVは、後述する電圧VBATの最大値Vmaxおよび最小値Vminを求めるために用いられるものであり、駆動対象とするLED4の特性に応じた値に設定されている。変動時間計測部16は、メモリに保存されたデジタル変換値Daに基づいて電圧VBATの最大値Vmaxと最小値Vminとの間の時間T(電源電圧変動時間)を計測し、その変動時間TをPWM駆動回路17に出力する。

【0023】

PWM駆動回路17は、駆動信号SdによりトランジスタT1をPWM駆動するものであり、デューティ比設定部20、周期設定部21および駆動信号生成部22から構成されている。デューティ比設定部20は、A/D変換器15から出力されるデジタル変換値Daに基づいて電圧VBATに応じた駆動信号Sdのデューティ比Don(本実施形態におけるデューティ比Donは、トランジスタT1をオンさせる期間を示す)を以下のとおり設定する。すなわち、電圧VBATが高い場合にはデューティ比Donを小さく設定し、電圧VBATが低い場合にはデューティ比Donを大きく設定する。

30

【0024】

周期設定部21は、図示しない制御回路から与えられる指令値Stに基づいて駆動信号SdのPWM周期Tdの初期値を設定する。PWM周期Tdは、LED4の点滅が人の目に見えてしまう値(例えば10msを超える値)にはできない。また、LED4の動作がトランジスタT1のスイッチング動作に追従できないような値(例えば2ms未満)にもできない。本実施形態におけるPWM周期Tdの初期値は、上記理由により制限される範囲内の値、例えば4ms(250Hz)に設定されている。また、周期設定部21は、設定したPWM周期Tdが変動時間計測部16から出力される変動時間Tと一致する場合には、駆動信号SdのPWM周期Tdの値を上記した制限範囲(10ms(100Hz)~2ms(500Hz))内で変更する制御を行う。

40

【0025】

駆動信号生成部22は、デューティ比設定部20により設定されたデューティ比Donおよび周期設定部21により設定されたPWM周期Tdを持つ駆動信号Sdを生成する。なお、本実施形態では、PWM周期Tdの開始点の直近における電圧VBATを検出したデジタル変換値Daに基づいて設定されたデューティ比Donを用いる。この駆動信号Sdは、

50

駆動信号生成部 22 の PWM 出力端子から出力端子 19 および抵抗 R6 を介してトランジスタ T1 のベースに与えられる。

【0026】

上記した構成により、直流電源 3 の電圧 VBAT に応じたデューティ比 Don を持つ駆動信号 Sd に従ってトランジスタ T1 がオンオフされ、直流電源 3 から LED4 に供給される駆動電流 Id の通断電が行われる。従って、電圧 VBAT が高い場合には通電時間が短くなり、電圧 VBAT が低い場合には通電時間が長くなる。これにより、電圧 VBAT が変動した場合でも駆動電流 Id の変動が抑制されるため、LED4 の発光輝度が一定に保たれる。

【0027】

次に、本実施形態の作用について図 2 ~ 図 6 も参照して説明する。変動時間計測部 16 は、予め定められた所定時間毎に電圧 VBAT の変動時間 T を計測する。図 2 は、変動時間計測部 16 による変動時間 T の計測にかかわる制御内容を示すフローチャートである。図 3 は、電圧 VBAT の波形の一例を示している。なお、波形に重ねて表された黒丸は、A/D 変換器 15 による A/D 変換のタイミングを示している。

【0028】

例えば、図 3 における時刻 t8 の時点で変動時間 T の計測が実行される場合について、図 2 のフローチャートに従って説明する。変動時間計測部 16 は、メモリに保存された時刻 t0 ~ t8 までの時間データ Dt およびデジタル変換値 Da を読み出す (ステップ S1)。そして、読み出したデジタル変換値 Da からその平均値 Vave を算出する (ステップ S2)。算出した平均値 Vave と変動基準幅 V および V から下記 (1) および (2) 式に示すような第 1 のしきい値 VTH および第 2 のしきい値 VTL を設定する (ステップ S3)。

$$\text{第 1 のしきい値 } V_{TH} = V_{ave} + V \quad \dots (1)$$

$$\text{第 2 のしきい値 } V_{TL} = V_{ave} - V \quad \dots (2)$$

【0029】

ステップ S1 にて読み出したデジタル変換値 Da から第 1 のしきい値 VTH を超える値を抽出し (ステップ S4)、以下のように最大値を求める。図 3 (a) のように VTH を超える値が複数あり (ステップ S5 で「YES」)、且つ連続する場合 (ステップ S6 で「YES」) には、それらのうち、最も大きい値を最大値 Vmax とする (ステップ S7)。図 3 (b) のように VTH を超える値が 1 つしかない場合 (ステップ S5 で「NO」) には、VTH を超える値を最大値 Vmax とする (ステップ S8)。また、図示しないが、VTH を超える値が複数あっても連続しない場合 (ステップ S5 で「YES」、ステップ S6 で「NO」) もステップ S8 に進む。

【0030】

ステップ S1 にて読み出したデジタル変換値 Da から第 2 のしきい値 VTL 未満の値を抽出し (ステップ S9)、以下のように最小値を求める。図 3 (a) のように VTL 未満の値が複数あり (ステップ S10 で「YES」)、且つ連続する場合 (ステップ S11 で「YES」) には、それらのうち、最も小さい値を最小値 Vmin とする (ステップ S12)。図 3 (b) のように VTL 未満の値が 1 つしかない場合 (ステップ S10 で「NO」) には、VTL 未満の値を最小値 Vmin とする (ステップ S13)。また、図示しないが、VTL 未満の値が複数あっても連続しない場合 (ステップ S14 で「YES」、ステップ S11 で「NO」) もステップ S13 に進む。

【0031】

その後、最大値 Vmax と最小値 Vmin との差が所定値 Va 以上であるか否かを確認し (ステップ S14)、所定値 Va 以上である場合 (YES) には、ステップ S15 に進む。所定値 Va 未満である場合 (ステップ S14 で「NO」) には、T = 0 とし (ステップ S16)、処理を終了する。

【0032】

このように、最大値 Vmax と最小値 Vmin との差 (電圧 VBAT の変動幅) を確認する理由は以下のとおりである。すなわち、LED4 は、その種類に応じて発光輝度変動が問題と

10

20

30

40

50

なり得る印加電圧の変動幅が異なる。従って、本実施形態における所定値 V_a は、駆動対象の LED 4 の発光輝度変動が問題となり得る場合の電圧 VBAT の変動幅に相当する値に設定されている。ステップ S 1 6 において $T = 0$ とするのは、電圧 VBAT の変動幅が問題ない値（所定値 V_a 未満）である場合に、後述する PWM 周期 T_d の変更制御が実行されないようにするためである。

【 0 0 3 3 】

ステップ S 1 5 では、電圧 VBAT の最大値 V_{max} と最小値 V_{min} とに対応付けられた各時間データ D_t の差から、最大値 V_{max} と最小値 V_{min} との間（時刻 $t_2 \sim t_6$ の間）の変動時間 T を求める。なお、上記した変動時間 T の計測は、LED 駆動回路 1 1 の起動毎に実行したり、直流電源 3 に接続される負荷回路 1 3 や ECU 1 4 の状態が大きく変化した場合に実行したりするように構成してもよい。

なお、変動時間計測部 1 6 は、図 3 に示すような電圧 VBAT の変動が周期的な場合だけでなく、電圧 VBAT が不規則に変動する場合であっても、図 2 に示すフローチャートに従い変動時間 T を計測することができる。

【 0 0 3 4 】

続いて、LED 駆動回路 1 1 による LED 4 の駆動について PWM 駆動回路 1 7 の動作を主体に説明する。図 4 は、PWM 駆動回路 1 7 の周期設定部 2 1 の制御内容を示すフローチャートである。まず、変動時間 T （電圧 VBAT の最大値 V_{max} と最小値 V_{min} との間の時間）が、駆動信号 S_d の PWM 周期 T_d と一致する場合について説明する。図 5 は、このような場合の一例を示しており、電圧 VBAT および駆動信号 S_d の波形図である。なお、図 5 における黒丸は、A/D 変換器 1 5 による A/D 変換のタイミングを示している。

【 0 0 3 5 】

PWM 周期 T_d の変更制御が実行される前の期間（図 5 の時刻 t_5 以前）において、トランジスタ T_1 は、PWM 駆動回路 1 7 により以下のように駆動される。時刻 t_1 を開始とする PWM 周期 T_d における駆動信号 S_d のデューティ比 D_{on} は、その直近の検出値である時刻 t_0 の電圧値（ V_{max} と V_{ave} との間の値）に応じて例えば「0.3」に設定される。時刻 t_3 を開始とする PWM 周期 T_d における駆動信号 S_d のデューティ比 D_{on} は、その直近の検出値である時刻 t_2 の電圧値（ V_{ave} と V_{min} との間の値）に応じて例えば「0.7」に設定される。

【 0 0 3 6 】

このように設定されたデューティ比 D_{on} を持つ駆動信号 S_d が出力される期間のうち、時刻 $t_1 \sim t_3$ の間の電圧 VBAT の電圧値は、常に平均値 V_{ave} よりも低い値である。しかし、このときのデューティ比 D_{on} は「0.3」と小さくなっているため、電圧 VBAT の低下による駆動電流 I_d の低下は抑えられない。また、時刻 $t_3 \sim t_5$ の間の電圧 VBAT の電圧値は、常に平均値 V_{ave} よりも高い値である。しかし、このときのデューティ比 D_{on} は「0.7」と大きくなっているため、電圧 VBAT の上昇による駆動電流 I_d の上昇は抑えられない。

【 0 0 3 7 】

この場合における周期設定部 2 1 の動作を図 4 のフローチャートに従って説明する。図 5 の時刻 t_5 の時点で変動時間 T の計測が実行されると、周期設定部 2 1 は、変動時間計測部 1 6 から出力される変動時間 T と、その時点で設定されている PWM 周期 T_d とを比較する（図 4 のステップ U 1）。この場合、変動時間 T は 4 ms （ 250 Hz ）であり、PWM 周期 T_d の初期値（ 4 ms ）と一致する（YES）ので、ステップ U 2 に進む。そして、PWM 周期 T_d の値を、 $2/3$ 倍した値（つまり周波数を 1.5 倍した値）である約 2.67 ms （ 375 Hz ）に変更し（図 4 のステップ U 2）、処理を終了する。なお、変更後の PWM 周期 T_d の値が 2 ms 以上になるのであれば、ステップ U 2 における倍率を例えば $1/2$ 倍に変更してもよい。

【 0 0 3 8 】

このように PWM 周期 T_d が変更されたことにより、図 5 の時刻 t_5 以降においては、

10

20

30

40

50

PWM周期 T_d の方が変動時間 T よりも短くなる。このため、トランジスタ T_1 は、PWM駆動回路 17 により以下のように駆動される。時刻 t_5 を開始とする PWM周期 T_d における駆動信号 S_d のデューティ比 D_{on} は、その直近の検出値である時刻 t_4 の電圧値 (V_{max} と V_{ave} との間の値) に応じて例えば「0.3」に設定される。時刻 t_7 を開始とする PWM周期 T_d における駆動信号 S_d のデューティ比 D_{on} は、その直近の検出値である時刻 t_6 の電圧値 (V_{min}) に応じて例えば「0.9」に設定される。時刻 t_{10} を開始とする PWM周期 T_d における駆動信号 S_d のデューティ比 D_{on} は、その直近の検出値である時刻 t_9 の電圧値 (V_{max} と V_{ave} との間の値) に応じて例えば「0.3」に設定される。

【0039】

このように設定されたデューティ比 D_{on} を持つ駆動信号 S_d が出力される期間のうち、時刻 $t_5 \sim t_8$ の間の電圧 V_{BAT} の電圧値は、常に平均値 V_{ave} よりも低い値である。この電圧 V_{BAT} が低下する期間のうち、時刻 $t_5 \sim t_7$ のデューティ比は「0.3」と小さくなっているが、時刻 $t_7 \sim t_8$ のデューティ比 D_{on} は「0.9」と大きくなっている。このため、時刻 $t_5 \sim t_8$ の期間全体として見れば、PWM周期 T_d を変更する前(時刻 $t_1 \sim t_3$) に比べ、電圧 V_{BAT} の低下による駆動電流 I_d の低下は抑制される。

【0040】

また、時刻 $t_8 \sim t_{11}$ の間の電圧 V_{BAT} の電圧値は、常に平均値 V_{ave} よりも高い値である。この電圧 V_{BAT} が上昇する期間のうち、時刻 $t_8 \sim t_{10}$ のデューティ比 D_{on} は「0.9」と大きくなっているが、時刻 $t_{10} \sim t_{11}$ のデューティ比 D_{on} は「0.3」と小さくなっている。このため、時刻 $t_8 \sim t_{11}$ の期間全体として見れば、PWM周期 T_d を変更する前(時刻 t_5 以前) に比べ、電圧 V_{BAT} の上昇による駆動電流 I_d の上昇は抑制される。

【0041】

続いて、電圧 V_{BAT} の変動時間 T が駆動信号 S_d の PWM周期 T_d と一致しない場合について説明する。図6は、このような場合の一例を示す図5相当図であり、(a)はPWM周期 T_d よりも変動時間 T の方が長い場合、(b)はPWM周期 T_d よりも変動時間 T の方が短い場合を示している。図6の場合においても、図5の場合と同様に変動時間 T とPWM周期 T_d とが比較される(図4のステップU1)。図6(a)の場合、変動時間 T は 8ms (125Hz) であり、PWM周期 T_d は初期値の 4ms (250Hz) である。このようにPWM周期 T_d の方が変動時間 T よりも短く、これらは一致しない(ステップU1で「NO」)ので、PWM周期 T_d の値を変更することなく処理を終了する。

【0042】

上記のとおり、変動時間 T とPWM周期 T_d とが一致しない場合、PWM周期 T_d の変更制御(図4のステップU2)は実行されない。しかし、図6(a)の場合にはPWM周期 T_d の方が変動時間 T よりも短いため、図5におけるPWM周期 T_d の変更制御実行後の状態と同様の状態である。従って、電圧 V_{BAT} の検出値(デジタル変換値 D_a) に応じて駆動信号 S_d のデューティ比 D_{on} が変更されることで、電圧 V_{BAT} の変動による駆動電流 I_d の変動は抑制される。

【0043】

また、図6(b)の場合、変動時間 T は 2ms (500Hz) であり、PWM周期 T_d は 4ms (250Hz) である。このように、これらは一致しない(ステップU1で「NO」)ので、PWM周期 T_d の変更制御(図4のステップU2)は実行されない。さらに、この場合、電圧 V_{BAT} の変動時間 T よりも駆動信号 S_d の PWM周期 T_d の方が長い場合、駆動信号 S_d のデューティ比 D_{on} の変更を行ったとしても、電圧 V_{BAT} の時間 T (2ms) における変動による駆動電流 I_d の変動は抑制されない。しかし、このデューティ比 D_{on} の変更制御(デューティ制御)は常に実行されており、PWM周期 T_d よりも長い期間の変動に対しては有効に機能する。従って、電圧 V_{BAT} が、 2ms で変動するとともにPWM周期 T_d (4ms) よりも長い期間で変動している場合には、長い期間で

10

20

30

40

50

の変動による駆動電流 I_d の変動は抑制される。

【 0 0 4 4 】

以上説明したように、本実施形態によれば次のような効果を奏する。

P W M 駆動回路 1 7 において、デューティ比設定部 2 0 がデジタル変換値 D_a に基づいて電圧 V B A T に応じたデューティ比 D_{on} を設定し、変動時間計測部 1 6 がデジタル変換値 D_a に基づいて電圧 V B A T の最大値と最小値との間の変動時間 T を計測する。また、周期設定部 2 1 は、設定した P W M 周期 T_d が変動時間 T と一致する場合には P W M 周期 T_d の値を変更する。そして、駆動信号生成部 2 2 は、デューティ比 D_{on} および P W M 周期 T_d を持つ駆動信号 S_d を生成する。このように構成された P W M 駆動回路 1 7 は、常に直流電源 3 における電圧 V B A T の最大値 V_{max} と最小値 V_{min} との間の変動時間 T とは異なる P W M 周期 T_d を持つ駆動信号 S_d を出力する。このため、電圧 V B A T の変動に基づく駆動電流 I_d の変動が抑制され、L E D 4 の発光輝度の変動を抑制できる。

10

【 0 0 4 5 】

デューティ比設定部 2 0 は、P W M 周期 T_d の開始直近におけるデジタル変換値 D_a に基づいて駆動信号 S_d のデューティ比 D_{on} を設定する。これにより、A / D 変換器 1 5 による電圧 V B A T の検出タイミングに対するデューティ比 D_{on} の変更タイミングの遅れを最小限にとどめることができ、電圧 V B A T の変動に素早く追従してトランジスタ T 1 の通断電を制御できる。従って、電圧 V B A T の変動による L E D 4 の発光輝度の変動を一層抑制できる。

【 0 0 4 6 】

周期設定部 2 1 は、電圧 V B A T の変動時間 T が駆動信号 S_d の P W M 周期 T_d と一致する場合には駆動信号 S_d の P W M 周期 T_d を 2 / 3 倍し (図 4 のステップ U 2)、変動時間 T より短い周期に変更する。これにより、電圧 V B A T の変動に基づく L E D 4 のフリッカの発生を防止することができる。

20

【 0 0 4 7 】

変動時間計測部 1 6 は、電圧 V B A T の所定時間における平均値 V_{ave} を算出し、この平均値 V_{ave} と L E D 4 の特性に応じた変動基準幅 V_{Δ} および V_{Δ} とから第 1 のしきい値 V_{TH} および第 2 のしきい値 V_{TL} を設定する。そして、これらしきい値 V_{TH} および V_{TL} に基づいて電圧 V B A T の最大値 V_{max} および最小値 V_{min} を求める。この場合、平均値 V_{ave} を算出する間隔 (所定時間) に対応する周波数よりも低い周波数成分の電圧 V B A T については、その都度のしきい値 V_{TH} および V_{TL} を適正に設定できる。従って、電圧 V B A T の低域成分 (または直流成分) の電圧値が、例えば L E D 駆動回路 1 1 を起動する度に大きく異なるような場合でも、その都度、平均値 V_{ave} を求めることにより、確実に変動時間 T を計測できる。

30

【 0 0 4 8 】

変動時間計測部 1 6 は、第 1 のしきい値 V_{TH} より大きいデジタル変換値 D_a が連続する場合、これらのうち最も大きい値を最大値 V_{max} とする。また、第 2 のしきい値 V_{TL} より小さいデジタル変換値 D_a が連続する場合にも、最大値 V_{max} の場合と同様にして最小値 V_{min} を求める。これにより、電圧 V B A T の変動レベルが一定でない場合でも、確実に最大値 V_{max} と最小値 V_{min} とを求め、変動時間 T を計測できる。

40

【 0 0 4 9 】

周期設定部 2 1 は、最大値 V_{max} と最小値 V_{min} との差 (電圧 V B A T の変動幅) が所定値 V_a 以上であることを条件として駆動信号 S_d の P W M 周期 T_d の変更制御を実行する。また、所定値 V_a は、駆動対象の L E D 4 の発光輝度変動が問題となり得る場合の電圧 V B A T の変動幅に相当する値に設定されている。これにより、問題となるレベルの L E D 4 の発光輝度の変動を確実に抑制できる。また、問題とならないレベルの発光輝度の変動に対しては、上記 P W M 周期 T_d の変更制御を実行しないので、その分 P W M 駆動回路 1 7 の動作内容を簡単化することができる。

【 0 0 5 0 】

なお、本発明は上記し且つ図面に記載した実施形態に限定されるものではなく、次のよ

50

うな変形または拡張が可能である。

変動時間計測部 16 の制御において、図 2 のステップ S 14 および S 16 は省略してもよい。すなわち、電圧 VBAT の変動幅が小さい場合にも変動時間 T を計測するようにしてもよい。また、変動時間計測部 16 は、図 2 に示した制御内容を実行する構成でなくともよく、最大値 V_{max} と最小値 V_{min} との間の変動時間 T を計測するように構成されていればよい。

【0051】

周期設定部 21 の制御において、図 4 のステップ U1 では、電圧 VBAT の変動時間 T と駆動信号 Sd の PWM 周期 T_d とが一致するか否かの判断を行うようにしたが、変動時間 T と PWM 周期 T_d との差を求め、この差が所定値未満であれば変動時間 T と PWM 周期 T_d とが近似すると判断するようにしてもよい。周期設定部 21 は、変動時間 T と PWM 周期 T_d とが一致する場合に、制限範囲 (2ms ~ 10ms) 内で PWM 周期 T_d を長くするように変更してもよい。また、電圧 VBAT の変動時間 T よりも駆動信号 Sd の PWM 周期 T_d の方が長い場合に、制限範囲 (2ms ~ 10ms) 内で PWM 周期 T_d を変動時間 T よりも短くなるように変更してもよい。

10

【0052】

デューティ比設定部 20 は、必ずしも PWM 周期 T_d の開始直近のデジタル変換値 D_a ではなく、それ以前のデジタル変換値 D_a に基づいて駆動信号 Sd のデューティ比 D_{on} を設定するようにしてもよい。

本発明の LED 駆動回路は、車載用途に限らず、LED を発光させるための駆動回路全般に適用可能である。

20

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図 1】本発明の一実施形態を示す LED 駆動回路の構成図

【図 2】変動時間計測部の制御内容を示すフローチャート

【図 3】電源電圧の波形図

【図 4】周期設定部の制御内容を示すフローチャート

【図 5】電源電圧変動時間と駆動信号の周期とが一致する場合の電源電圧および駆動信号の波形図

【図 6】電源電圧変動時間と駆動信号の周期とが一致しない場合の図 5 相当図

30

【図 7】従来技術を示す図 1 相当図

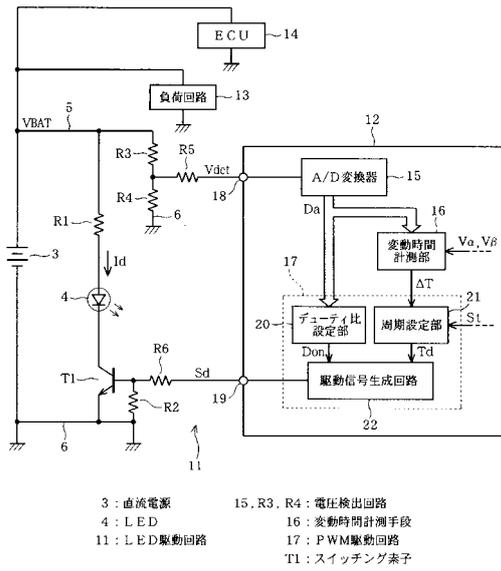
【図 8】図 5 相当図

【符号の説明】

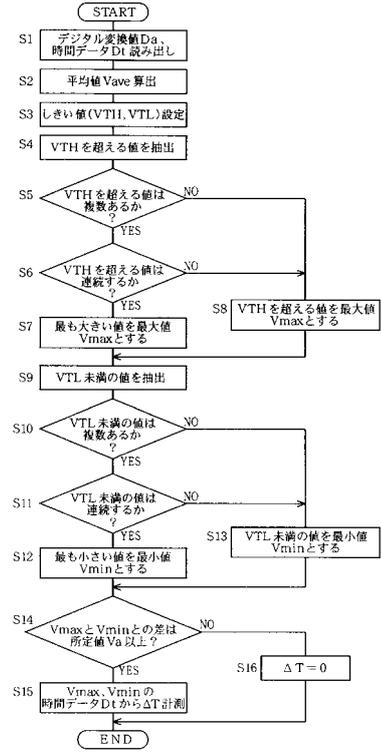
【0054】

図面中、3 は直流電源、4 は LED、11 は LED 駆動回路、15 は A/D 変換器 (電圧検出回路)、16 は変動時間計測部 (変動時間計測手段)、17 は PWM 駆動回路、R3、R4 は抵抗 (電圧検出回路)、T1 はトランジスタ (スイッチング素子) を示す。

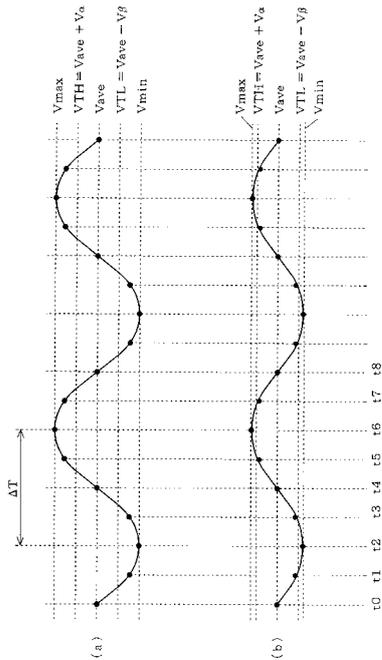
【図1】



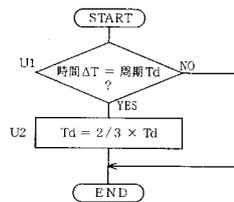
【図2】



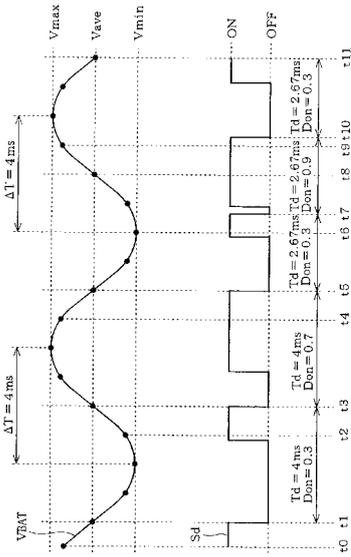
【図3】



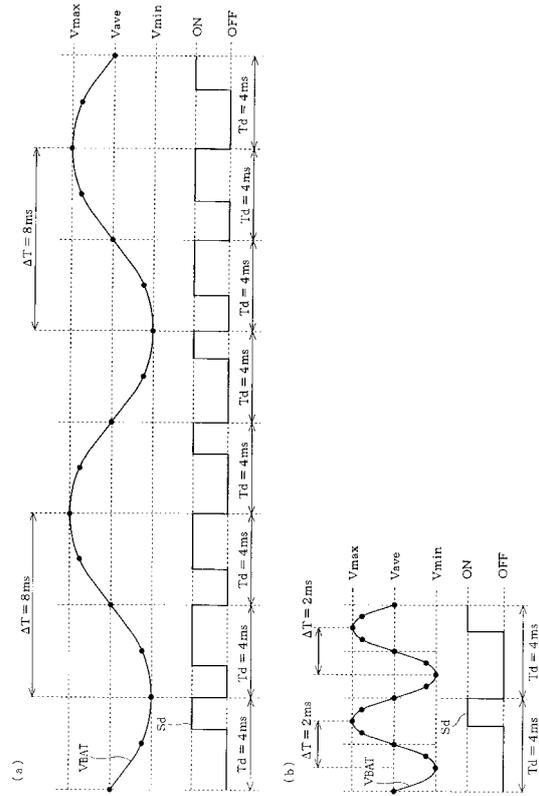
【図4】



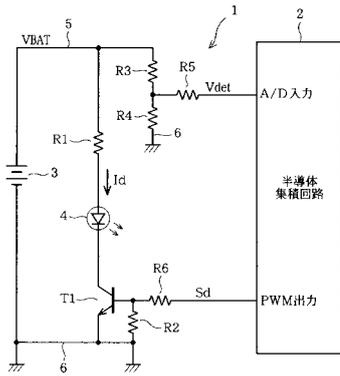
【図 5】



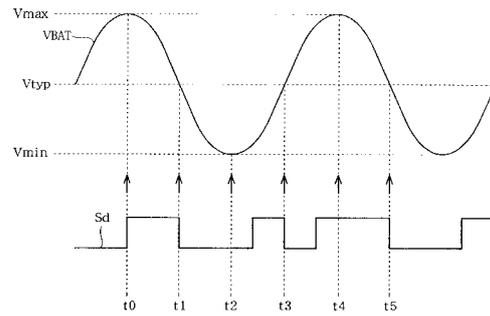
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平10-111487(JP,A)
特開平05-207756(JP,A)
特開2005-116399(JP,A)
特開2001-101901(JP,A)
特開2008-053629(JP,A)
特開2009-026544(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H05B 37/02
H01L 33/00