

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5591848号  
(P5591848)

(45) 発行日 平成26年9月17日(2014.9.17)

(24) 登録日 平成26年8月8日(2014.8.8)

(51) Int.Cl. F I  
H05B 37/02 (2006.01) H05B 37/02 J

請求項の数 20 外国語出願 (全 20 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2012-46551 (P2012-46551)                  (22) 出願日 平成24年3月2日(2012.3.2)                  (65) 公開番号 特開2012-195291 (P2012-195291A)                  (43) 公開日 平成24年10月11日(2012.10.11)                  審査請求日 平成24年5月7日(2012.5.7)                  (31) 優先権主張番号 13/040, 229                  (32) 優先日 平成23年3月3日(2011.3.3)                  (33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(73) 特許権者 510336336                  ダイアログ セミコンダクター インコーポレイテッド                  アメリカ合衆国 95008 カリフォルニア州 キャンベル キャンベル テクノロジー パークウェイ 675 スイート150                  (74) 代理人 110001243                  特許業務法人 谷・阿部特許事務所                  (72) 発明者 ジン シュエチエン                  アメリカ合衆国 95032 カリフォルニア州 ロス ガトス オルブライト ウェイ 101 アイワット インコーポレーテッド内</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 適応スイッチモードLEDシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

1 つまたは複数の発光ダイオード(LED)列を駆動するシステムであって、  
通信リンクと、  
前記通信リンクを介して、第1のLED列に関する現在のプログラム電流レベル以上で前記第1のLED列に流れる電流を維持できるかどうかを示す調節情報を受信して、前記調節情報に基づいて前記第1のLED列に流れる前記電流が維持できる前記第1のLED列に関する第1のプログラム電流レベルを決定し、前記第1のプログラム電流レベルの関数として前記第1のLED列に関する第1のデューティサイクルを決定する処理デバイスと、

前記通信リンクを介して前記処理デバイスから前記第1のデューティサイクル及び前記第1のプログラム電流レベルに関する設定を受信し、前記第1のプログラム電流レベルに従って前記第1のLED列に流れる前記電流を調節し、前記第1のデューティサイクルで前記第1のLED列に流れる前記電流をオンまたはオフに切り替える第1のLED駆動デバイスと、

を備え、

前記処理デバイスと前記第1のLED駆動デバイスとは別個の集積回路であることを特徴とするシステム。

【請求項2】

前記処理デバイスは、前記第1のLED列の前記第1のプログラム電流レベルを、複数

のプログラム可能電流レベルのうちの1つに相当するように決定するようにさらに構成されることを特徴とする請求項1に記載のシステム。

【請求項3】

前記処理デバイスは、前記第1のデューティサイクルを、基準電流レベルおよび基準デューティサイクルの関数としてさらに決定することを特徴とする請求項1に記載のシステム。

【請求項4】

前記第1のLED駆動デバイスは、第2のLED列に流れる電流を第2のプログラム電流レベルに従って調節し、第2のデューティサイクルで前記第2のLED列をオンまたはオフに切り替え、前記第2のLED列は、前記第1のLED列と異なる電流 - 電圧特性を有し、前記第2のプログラム電流レベルは、前記第1のプログラム電流レベルと異なり、

10

前記処理デバイスは、前記第2のLED列の前記第2のデューティサイクルを前記第2のプログラム電流レベルの関数として決定するようにさらに構成されることを特徴とする請求項1に記載のシステム。

【請求項5】

前記処理デバイスは、同じ相対的明るさに構成された前記第1のLED列と前記第2のLED列の間で光束が実質的に一致するように、前記第1のデューティサイクルを、部分的に輝度伝達関数に基づいて前記第1のプログラム電流レベルの関数として決定することを特徴とする請求項4に記載のシステム。

【請求項6】

20

前記処理デバイスは、温度測定値を受信し、前記輝度伝達関数は、前記第1のLED列と前記第2のLED列の間の温度ばらつきを補償する温度補償関数を含むことを特徴とする請求項5に記載のシステム。

【請求項7】

第2のLED列に流れる電流を調節する第2のLED駆動デバイスと、  
前記第1のLED列と前記第2のLED列に共通電圧を供給する電力変換器と  
をさらに備え、

前記第1のLED駆動デバイスは、第1の電圧設定を前記処理デバイスに送信し、前記第2のLED駆動デバイスは、第2の電圧設定を前記処理デバイスに送信し、

前記処理デバイスは、前記電力変換器によって供給される前記電圧を制御するために前記第1の電圧設定と前記第2の電圧設定のうちの最低のものを選ぶことを特徴とする請求項1に記載のシステム。

30

【請求項8】

前記第1のLED駆動デバイスは、

前記第1のプログラム電流レベルに従って前記第1のLED列に流れる前記電流を調節するように構成された第1のチャンネル調節器と、

前記第1のデューティサイクルで前記第1のLED列をオンまたはオフに切り替えるように構成された第1のチャンネルスイッチと

を備えることを特徴とする請求項1に記載のシステム。

【請求項9】

40

1つまたは複数の発光ダイオード(LED)列を駆動するためのLED駆動デバイスであって、

通信リンクを介して、第1のLED列に関する現在のプログラム電流レベル以上で前記第1のLED列に流れる電流を維持できるかどうかを示す調節情報を処理デバイスに送信し、前記第1のLED列に関する第1のプログラム電流レベルの設定と、前記第1のLED列に関する第1のデューティサイクルの設定とを前記通信リンクを介して前記処理デバイスから受信する輝度制御回路であって、前記処理デバイスと前記LED駆動デバイスとは別個の集積回路であり、前記処理デバイスは、前記調節情報に基づいて前記第1のLED列に流れる前記電流が維持できる前記第1のプログラム電流レベルを決定し、前記第1のプログラム電流レベルの関数として前記第1のLED列に関する前記第1のデューティ

50

サイクルを決定する、輝度制御回路と、

前記第 1 のプログラム電流レベルに従って前記第 1 の L E D 列に流れる前記電流を調節するように構成された第 1 のチャンネル調節器と、

前記第 1 のデューティサイクルで前記第 1 の L E D 列をオンまたはオフに切り替えるように構成された第 1 のチャンネルスイッチと

を備えたことを特徴とする L E D 駆動デバイス。

【請求項 10】

前記第 1 のプログラム電流レベルは、前記処理デバイスによって、複数のプログラム可能電流レベルのうちの 1 つに相当するように決定されることを特徴とする請求項 9 に記載の L E D 駆動デバイス。

【請求項 11】

前記第 1 のデューティサイクルは、前記処理デバイスによって、基準電流レベルおよび基準デューティサイクルの関数としてさらに決定されることを特徴とする請求項 9 に記載の L E D 駆動デバイス。

【請求項 12】

第 2 のプログラム電流レベルに従って第 2 の L E D 列に流れる電流を調節するように構成された第 2 のチャンネル調節器であって、前記第 2 のプログラム電流レベルは、前記第 1 のプログラム電流レベルと異なる、第 2 のチャンネル調節器と、

前記第 2 の L E D 列を第 2 のデューティサイクルでオンまたはオフに切り替えるように構成された第 2 のチャンネルスイッチであって、前記第 2 の L E D 列は、前記第 1 の L E D 列と異なる電流 - 電圧特性を有する、第 2 のチャンネルスイッチと

をさらに備え、

前記第 2 の L E D 列の前記第 2 のデューティサイクルは、前記処理デバイスによって、前記第 2 のプログラム電流レベルの関数として決定されることを特徴とする請求項 9 に記載の L E D 駆動デバイス。

【請求項 13】

前記第 1 のデューティサイクルは、同じ相対的明るさに構成された前記第 1 の L E D 列と前記第 2 の L E D 列の間で光束が実質的に一致するように、前記処理デバイスによって、部分的に輝度伝達関数に基づいて前記第 1 のプログラム電流レベルの関数として決定されることを特徴とする請求項 12 に記載の L E D 駆動デバイス。

【請求項 14】

前記輝度伝達関数は、前記処理デバイスによって受信された温度測定値に基づいて前記第 1 の L E D 列と前記第 2 の L E D 列の間の温度ばらつきを補償する温度補償関数を含むことを特徴とする請求項 13 に記載の L E D 駆動デバイス。

【請求項 15】

1 組の 1 つまたは複数の発光ダイオード ( L E D ) 列のうちの第 1 の L E D 列を駆動する方法であって、

処理デバイスが、第 1 の L E D 列に関する現在のプログラム電流レベル以上で前記第 1 の L E D 列に流れる電流を維持できるかどうかを示す調節情報を受信するステップと、

前記処理デバイスが、前記調節情報に基づいて前記第 1 の L E D 列に流れる前記電流が維持できる前記第 1 の L E D 列に関する第 1 のプログラム電流レベルを決定するステップと、

前記処理デバイスが、前記第 1 のプログラム電流レベルの関数として前記第 1 の L E D 列に関する第 1 のデューティサイクルを決定するステップと、

前記処理デバイスが、通信リンクを介して前記第 1 のプログラム電流レベル及び前記第 1 のデューティサイクルに関する設定を L E D 駆動デバイスに送信するステップであって、前記処理デバイスと前記 L E D 駆動デバイスとは別個の集積回路である、ステップと、

前記処理デバイスが、前記第 1 の L E D 列に流れる前記電流を前記第 1 のプログラム電流レベルに従って調節するステップと、

前記処理デバイスが、前記第 1 のデューティサイクルに従って前記 L E D 列をオンまた

10

20

30

40

50

はオフに切り替えるステップと  
を備えることを特徴とする方法。

【請求項 16】

前記第1のプログラム電流レベルは、前記処理デバイスによって、複数のプログラム可能電流レベルから決定されることを特徴とする請求項15に記載の方法。

【請求項 17】

前記第1のデューティサイクルは、前記処理デバイスによって、基準電流レベルおよび基準デューティサイクルの関数としてさらに決定されることを特徴とする請求項15に記載の方法。

【請求項 18】

前記LED駆動デバイスが、第2のプログラム電流レベルに従って第2のLED列に流れる電流を調節するステップであって、前記第2のプログラム電流レベルは、前記第1のプログラム電流レベルと異なる、ステップと、

前記LED駆動デバイスが、前記第2のLED列のスイッチを切り換えるための第2のデューティサイクルの設定を前記処理デバイスから受信するステップであって、前記第2のデューティサイクルは、前記第2のプログラム電流レベルの関数として前記処理デバイスによって決定され、前記処理デバイスから受信される、ステップと、

前記LED駆動デバイスが、前記第2のデューティサイクルで前記第2のLED列をオンまたはオフに切り替えるステップと

をさらに備えることを特徴とする請求項15に記載の方法。

【請求項 19】

前記第1のデューティサイクルは、同じ相対的明るさに構成された前記第1のLED列と前記第2のLED列の間で光束が実質的に一致するように、前記処理デバイスによって、部分的に輝度伝達関数に基づいて前記第1のプログラム電流レベルの関数として決定されることを特徴とする請求項18に記載の方法。

【請求項 20】

前記輝度伝達関数は、前記処理デバイスによって受信された温度測定値に基づいて前記第1のLED列と前記第2のLED列の間の温度ばらつきを補償する温度補償関数を含むことを特徴とする請求項19に記載の方法。

【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）を駆動することに関し、より詳細には、LEDの複数の列を駆動するためのシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

LEDは、種々様々なエレクトロニクス用途、例えば、建築用照明、自動車のヘッドライトおよびテールランプ、パーソナルコンピュータ、ラップトップ、高解像度TVなどの液晶ディスプレイデバイスのバックライト、フラッシュライト、その他で採用されている。白熱灯、蛍光灯のような従来の照明用光源に比べて、LEDは、高効率、優れた指向性、色安定性、高信頼性、長寿命、小型、環境安全性などの重要な有利点を有している。

【0003】

LEDは電流駆動デバイスであり、LEDから発せられる光束（すなわち、明るさ）は、主としてLEDに流される電流の関数である。したがって、LEDに流れる電流を調節することは、重要な制御技術である。LEDの大きなアレイを直流（DC）電圧源で駆動するために、ブーストまたはバックブースト電力変換器のようなDC-DCスイッチング電力変換器がしばしば使用されて、LEDの複数の列に最高のレール電圧を供給する。LEDバックライトを使用する液晶ディスプレイ（LCD）用途では、コントローラが、各列に個別の電流設定をして、LEDの複数の列を並列に制御することがしばしば必要である。そのとき、コントローラは、LCDの異なる部分の明るさを別々に制御することがで

10

20

30

40

50

きる。さらに、コントローラは、LCDの異なる部分を時間を区切ってオンまたはオフにすることができる。

【0004】

LED間の製造差のために、指定された電流レベルを維持するのに必要な各LED列両端間の電圧降下は、かなり変化する。図1のVI曲線は、2つの異なるLED(LED1およびLED2)について、電圧と電流の間の指数関数的関係を示している。LED1とLED2がピーク電流の同じ量を供給するために、LED1は約3.06ボルトの順方向電圧降下で動作しなければならないが、LED2は、約3.26ボルトの順方向電圧降下で動作しなければならない。LED1の特性を有する10個のLEDが第1のLED列にあると仮定すると、この列の両端間に30.6Vの降下がある。LED2の特性を有する10個のLEDが第2のLED列102にあると仮定すると、第2のLED列の両端間には32.6Vの降下がある。したがって、2ボルトのこの差は、両方の列が40mAの同じピーク電流で動作するように第2の列を駆動する回路によって消費される。

10

【0005】

異なるLEDの予測できないVI特性のために、LED列の明るさの正確な制御を依然として継続しながら電力効率のよい手法で異なるLED列を動作させることが困難になる。この問題に対処するために様々な技術が開発されたが、多くの従来の解決策は、効率が良くないか、またはLED列に流れる電流を調節するために使用される部品のコストを大幅に上げる追加の回路を使用することを必要とする。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許出願公開第2009/0322234号明細書

【特許文献2】米国特許出願第12/558,275号明細書

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の実施形態は、1つまたは複数のLED列に流れる電流を制御するためのシステム、LED駆動装置、および方法を含む。本システムは、LED駆動デバイスおよび処理デバイスを含む。処理デバイスは、LED駆動装置とは別個の(すなわち、独立した)集積回路である。LED駆動デバイスは、プログラムされた電流レベル(以下、プログラム電流レベル)に従って1つまたは複数のLED列に流れる電流を調節し、また処理デバイスから受信されたデューティサイクル設定(例えば、比として表されたデューティサイクルまたはTonおよびTperiod時間)によって指示されたデューティサイクルでLED列をオンおよびオフに切り替える。処理デバイス(例えば、CPUまたはFPGA)は、LED列のデューティサイクルをプログラム電流レベル、基準電流レベル、および基準デューティサイクルの関数として決定し、またデューティサイクルに関する設定をLED駆動装置に送信する。一実施形態では、処理デバイスは、基準電流レベルに対するプログラム電流レベルの比を決定してこの比に基準デューティサイクルを掛けることによって、LED列のデューティサイクルを決定する。

30

40

【0008】

一実施形態では、処理デバイスおよび集積回路デバイスは、通信リンクを介して互いに通信する。通信リンクは、2つのデバイス間で、デューティサイクル設定、プログラム電流レベル、LED列に流れる電流が調節できない状態かどうかを示す調節情報、および/またはLED列が開かどうかまたは短絡しているかどうかを示す欠陥検出情報などの情報を伝える。一実施形態では、処理デバイスは、また、限られた組のプログラム可能電流レベルのうちの1つに相当するようにプログラム電流レベルを決定するように構成されている。

【0009】

有益なことには、別個の処理デバイスを使用することによって、本システムは、LED

50

チャンネル間の電流ばらつきを依然として許容しながら、異なるLEDチャンネルの相対的な明るさの正確な制御を継続する費用効果の高い解決策を提供する。LED駆動装置自体とは別個の処理デバイスでデューティサイクルの計算を行うことによって、その計算を行うために必要な複雑な回路をLED駆動装置から取り除くことができる。LEDを使用する多くのシステム（例えば、テレビジョン、モニタ）は、既に、数学計算を行うことができる処理デバイスを備えているので、追加のハードウェアは必要でない。さらに、処理デバイスはプログラム可能であることがあるので、LEDチャンネルのデューティサイクルおよび電流設定を計算する式は、どんなハードウェアの変更もなしに容易に更新することができる。

#### 【0010】

LED駆動装置の実施形態は、対応するLED列と直列に結合されてプログラム電流レベルに従ってLED列に流れる電流を調節する1つまたは複数のチャンネル調節器（例えば、低ドロップアウト調節器）を含む。LED駆動装置は、また、対応するLED列と直列に結合されたチャンネルスイッチ（例えば、PWMスイッチ）と、計算されたデューティサイクルでLED列をオンおよびオフに切り替えるチャンネル調節器を含む。デューティサイクルに関する設定は、処理デバイスから受信される。

#### 【0011】

本発明の実施形態は、また、1つまたは複数のLED列を駆動するための方法を含む。一実施形態では、LED列に流れる電流はプログラム電流レベルに従って調節される。LED列のスイッチを切り換えるためのデューティサイクル設定が受信される。デューティサイクル設定は、LED駆動装置とは別個の、プログラム電流レベルの関数としてデューティサイクルを決定する処理デバイスから受信される。次に、LED列は、デューティサイクル設定によって指示されたデューティサイクルでオンおよびオフに切り替えられる。

#### 【0012】

明細書で説明される特徴および有利点は、必ずしも全てを含まず、特に、図面、明細書、および特許請求の範囲を考慮すると多くの追加の特徴および有利点が当業者には明らかになるであろう。さらに、留意されるべきことであるが、本明細書で使用される用語は、主に読み易さおよび教育目的のために選ばれ、発明の内容を描写するために、または範囲を定めるために選ばれていない可能性がある。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0013】

本発明の実施形態の教示は、添付の図面に関連して次の詳細な説明を考察することによって容易に理解することができる。

#### 【0014】

【図1】順方向バイアスLEDのI-V曲線に及ぼす製造差の効果を示す図である。

【図2】LEDの複数の列を駆動するためのシステムの高レベルの概要を示す図である。

【図3】処理デバイスによって制御されるLED駆動装置の実施形態を示す回路図である。

【図4】一般的なLEDについて、電流と光学的輝度の間一般的な非線形伝達関数を示す図である。

【図5】一般的なLEDについて、光束密度の一般的な温度ディレーティングを接合温度の関数として示す図である。

【図6A】複数のLED駆動装置を備えるシステムの実施形態を示す図である。

【図6B】複数のLED駆動装置を備えるシステムの実施形態を示す図である。

【図7】1つまたは複数のLED列を駆動するLED駆動装置によって行われる方法の実施形態を示す図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0015】

図および次の説明は、単に例示としての本発明の好ましい実施形態に関連している。留意すべきことであるが、次の議論から、本明細書で開示される構造および方法の代替的実

10

20

30

40

50

施形態が、特許請求された本発明の原理から逸脱することなしに使用される可能性のある実行可能な代替えとして、容易に認められるだろう。

【0016】

これから本発明の複数の実施形態を詳細に参照するが、これらの実施形態の例は、添付の図に示されている。注意されたいことであるが、実行可能なかぎりどんな場合でも同様なまたは似た参照数字が、図で使用されることがあり、また同様なまたは似た機能を示すことがある。これらの図は、ただ例示の目的だけのために本発明の実施形態を図示している。当業者は、次の説明から容易に認めることであろうが、本明細書で例示される構造および方法の代替的实施形態は、本明細書で説明される本発明の原理から逸脱することなしに使用される可能性がある。

10

【0017】

システムアーキテクチャ

図2は、LEDの複数の列225を駆動するためのシステムの高レベルの概要の一実施形態を示す。このシステムは、LEDの複数の列225を効率的に駆動するための技術として適応スイッチングを使用する。適応スイッチングでは、各LED列は、異なるピーク電流値で動作することができ、各LED列に流れる電流のオン/オフ時間が、LED列225の明るさを変えるように調節される。LED列225全体にわたって一貫した明るさを維持するために、より大きなピーク電流値のLED列225は、より低いデューティサイクルを有し、より小さな電流値のLED列225は、より高いデューティサイクルを有する。

20

【0018】

図示されるように、ブースト変換器220は、共通電圧Vboost245を複数LED列225に供給し、また制御信号240を介して処理デバイス210によって制御される。LED駆動装置215は、通信リンク235を介して処理デバイス210から受信された設定を使用してLED列を流れる電流のピーク電流およびデューティサイクル(すなわち、オン/オフ時間)を調節することによってLED列225の明るさを制御する集積回路デバイスである。

【0019】

処理デバイス210は、LED列225の電流レベルおよびデューティサイクル(すなわち、オン/オフ時間)を決定する。処理デバイス210は、マイクロプロセッサ、テレビジョン画像処理装置、フィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)、プログラマブル論理デバイス(PLD)またはマイクロコントローラなどの、数学計算を行うことができる任意の集積回路デバイスである。処理デバイス210およびLED駆動装置215は、別個の(すなわち別々の異なる)集積回路デバイスである。言い換えると、処理デバイス210は、LED駆動装置215と同じ集積回路デバイスの一部ではない。

30

【0020】

処理デバイス210およびLED駆動装置215は、通信リンク235を通して互いに通信する。通信リンク235は、2以上の集積回路デバイスを接続して情報を伝える任意のシリアルリンクまたはパラレルリンクであることがある。例えば、通信リンク235は、シリアルプロトコルインタフェース(SPI)、集積回路バス(12C)、その他であることがある。通信リンク235は、また、各リンクが1つの型の情報(例えば、デューティサイクル設定、プログラム電流レベル、または調節情報)を伝えることに専ら充てられている個々の通信リンクの集合であることがある。

40

【0021】

一実施形態では、処理デバイス210は、LEDチャンネル225を流れる電流が調節できる状態か調節できない状態かを示す調節情報を、通信リンク235を介してLED駆動装置215から受信する。較正プロセス中に、処理デバイス210は、調節情報を使用して、限られた組の電流値から各々のLEDチャンネル225のプログラム電流値を決定する。各LEDチャンネルは、LEDチャンネルの両端間の順方向電圧降下に依存して、異なるプログラム電流値を有することがある。

50

## 【 0 0 2 2 】

処理デバイス 210 は、通信リンク 230 を介してビデオコントローラ 205 から、LED 列 225 の明るさ設定および予め決められた基準電流設定を受信する。通信リンク 230 は、情報を伝えることができる 2 以上の集積回路デバイスを接続する任意の型のリンクである。一実施形態では、ビデオコントローラ 205 は、明るさ設定および予め決められた基準電流設定を決定する。例えば、ビデオコントローラ 205 は、LCD ディスプレイを制御して画像を形成するデバイスであることがある。ビデオコントローラ 205 は、LCD ディスプレイのために必要なバックライト要件を決定し、その要件を明るさおよび基準電流情報として処理デバイス 210 に送信する。2 つの別個のデバイスとして図示されているが、一実施形態では、ビデオコントローラ 205 および処理デバイス 210 は、

10

## 【 0 0 2 3 】

別個の明るさ設定は、LED チャンネル 225 の明るさが別々に制御されるように LED の各列に供給されてもよい。予め決められた基準電流設定、明るさ設定、およびプログラム電流レベルを使用して、処理デバイス 210 は、LED チャンネル 225 のデューティサイクルを計算する。このデューティサイクルは、各 LED チャンネルのプログラム電流値間のばらつきを補償して各 LED チャンネル 225 の相対的な明るさの制御を継続する。デューティサイクル設定およびプログラム電流レベルは、LED 列 225 を駆動する LED 駆動装置 215 に供給される。有益なことには、LED 駆動装置 215 ではなく処理デバイス 210 でプログラム電流レベルを較正し、デューティサイクル設定を決定することによって、開示された実施形態は、LED 駆動装置 215 の大きさ、コスト、および電力消費を減少させながら、処理デバイス 210 中の利用可能な資源を容易に活用する。

20

## 【 0 0 2 4 】

詳細なシステムアーキテクチャ

図 3 は、処理デバイス 210 によって制御される LED 駆動装置 215 の実施形態の回路図である。処理デバイス 210 は、DC - DC ブースト変換器 220 の  $V_{boost}$  245 電圧出力を制御するための制御信号 240 を出力する。他の実施形態では、ブースト変換器 220 は、他の型の DC - DC または AC - DC 電力変換器と置き換えられることがある。ブースト変換器 220 は、DC 入力電圧  $V_{in}$  と LED 225 の複数の列（すなわち、LED チャンネル）の間に結合される。ブースト変換器 220 の出力  $V_{boost}$  245 は、各 LED チャンネル 225 中の第 1 の LED の陽極に結合される。

30

## 【 0 0 2 5 】

各 LED チャンネルにおいて、LED 列 225 は、LED チャンネル 225 中の LED のオン時間およびオフ時間を制御する PWM スイッチ  $Q_p$ （例えば、NMOS トランジスタ）と直列に結合されている。LED 列 225 および PWM スイッチ  $Q_p$  は、また、LED チャンネル 125 に流れる電流を調節するための低ドロップアウト調節器（LDO）304 と直列に結合されている。LDO 304 は、LED 列 225 のピーク電流が固定レベルに調節されることを保証する。LDO 304 は、また、LED 列 225 の輝度に及ぼす、 $V_{boost}$  のブースト電圧リップルの影響を軽減する固有電力供給除去を行う。各 LED チャンネルにおいて、LDO 304 は、LED チャンネル 225 に流れる電流と PWM デューティサイクルと LDO 304 の両端間の電圧降下との積に比例した電力を消費する。

40

## 【 0 0 2 6 】

LED 駆動装置 215 は輝度コントローラ 310 を含み、輝度コントローラ 310 は、処理デバイス 210 から受信されたデューティサイクル設定 394 に従って、制御信号 308 を介して PWM スイッチ  $Q_p$  を制御することによって、各 LED チャンネルの明るさを別々に制御する。デューティサイクル設定 394 は、PWM スイッチ  $Q_p$  のオンおよびオフ時間を設定するために使用することができる情報、例えば、時間のパーセント値（例えば、40%、60%）または別個のデューティサイクル、オン時間およびデューティサイクル周期を含む。輝度コントローラ 310 は、また、処理デバイス 210 から受信された

50



プログラム電流レベル392に従って、制御信号309およびデジタル - アナログ変換器(DAC)307を介してLDO304を制御する。

【0027】

その上、LDO304は、LDO304が調節できない状態であるかどうかを示す調節帰還信号315を、マルチプレクサ311を介して輝度コントローラ310に出力する。この調節帰還は、処理デバイス210に送信され、処理デバイス210は、この調節情報390を使用して、較正中に、LEDチャンネル225に流れるプログラム電流レベル392を設定するが、このことは、下記でより詳細に説明される。

【0028】

図3は、2つのLEDチャンネルのみを示しているが、LED駆動装置215は、任意の数のLED列225を制御する回路を含むことができる。LED駆動装置215の他の実施形態は、「LED Driver with Multiple Feedback Loops」という名称の特許文献1、および2009年9月11日に出願された「Adaptive Switch Mode LED Driver」という名称の特許文献2に示されており、これらの明細書の内容は、参照してその全体が本明細書に組み込まれる。

【0029】

処理デバイス210は、基準電流設定380および明るさ設定382を受信する。再び図2を参照すると、基準電流設定380および明るさ設定382は、通信チャンネル230を介してビデオコントローラ205から受信される。他の実施形態では、電流設定380は、電流値を設定する外部抵抗器などの他の供給源から受信されることがある。処理デバイス210は、各LEDチャンネルのプログラム電流レベル392およびデューティサイクル設定394を計算して、これらの設定をLED駆動装置215の輝度コントローラ310に送信する。再び図2を参照すると、一実施形態では、調節情報390、プログラム電流レベル392、およびデューティサイクル設定394は、通信リンク235を介して処理デバイス210とLED駆動装置215の間で伝えられる。

【0030】

他の実施形態では、処理デバイス210は、また、ビデオコントローラ205から他の型の情報を受信することがあり、その情報は、次に輝度コントローラ310に送られる。例えば、処理デバイス210は、各LEDチャンネルの遅延情報を受信することがあり、この遅延情報は、次に輝度コントローラ310に伝えられる。この遅延情報は、輝度コントローラ310によって使用されて、複数のLEDチャンネルのオン時間が他のLEDチャンネルに対してずれるように各PWMサイクル中にPWMスイッチ $Q_p$ のオン時間を遅らせる。

【0031】

低ドロップアウト調節器(LDO)

LDO304は、各LEDチャンネルのプログラム電流レベルに従って、LED列225に流れる電流を調節する。各LDO304は、演算増幅器(オペアンプ)306、センス抵抗器 $R_s$ 、およびパストランジスタ $Q_L$ (例えば、NMOSトランジスタ)を備える。パストランジスタ $Q_L$ およびセンス抵抗器 $R_s$ は、PWMスイッチ $Q_p$ と接地端子の間に直列に結合されている。オペアンプ306の出力は、パストランジスタ $Q_L$ のゲートに結合されて、LDO304に流れる電流を制御する。オペアンプ306は、DAC307から正入力信号 $V_{ref}$ を受信し、さらにパストランジスタ $Q_L$ のソースから負帰還ループを介して負入力信号 $V_{sense}$ を受信する。

【0032】

LDO304は、帰還ループを備え、この帰還ループは、 $V_{sense}$ を介してLED列に流れる電流を感知し、さらに、その感知された電流を $V_{ref}$ によって設定されたプログラム電流レベルに維持するようにパストランジスタ $Q_L$ を制御する。オペアンプ306は、 $V_{ref}$ を $V_{sense}$ と比較する。 $V_{ref}$ が $V_{sense}$ よりも大きい場合には、オペアンプ306は、パストランジスタ $Q_L$ に加えられるゲート電圧を増やして、パストランジスタ $Q_L$ が $V_{ref}$ で安定するまでセンス抵抗器 $R_s$ およびLED列225に流

10

20

30

40

50

れる電流の流れを増やす。V senseがV refよりも大きくなると、オペアンプ306は、パストランジスタ $O_L$ に加えられるゲート電圧を減らして、 $R_S$ に流れる電流を減らし、さらにパストランジスタ $Q_L$ がV refで安定するまでV senseを下げる。このように、LDO304は、帰還ループを使用してV senseをV refに維持し、それによって、LED列325に流れる電流を、V refに比例した固定値に維持する。一実施形態では、PWMスイッチ $Q_P$ がオフの時でもサンプルホールド回路（図示せず）が、V sense電圧レベルを維持する。

#### 【0033】

LDO304は、オペアンプ306の出力351を基準電圧353と比較して結果として得られた信号をマルチプレクサ311に出力する比較器355をさらに含む。比較器355の出力は、LDOに流れる電流が調節できない状態であるかどうかを示す。例えば、DAC設定が余りにも高すぎて、LED列225の最上部でV boost245電圧が不十分であるためにLDOが電流をプログラムレベルに維持することができない場合には、オペアンプ306の出力は、基準電圧353より上のレベルまで上昇する。他の代替的实施形態では、比較器355への入力351は、オペアンプ306の出力ではなくLDOトランジスタ $Q_L$ のドレインまたはソースに結合することができる。

#### 【0034】

##### 輝度コントローラおよび処理デバイス

輝度コントローラ310と処理デバイス210は一緒に働いて、各LEDチャネルの特性を監視し、またピーク電流およびPWMデューティサイクルを設定して、LEDチャネル間に一致する明るさを維持し、かつ電力効率を最適化する。各LEDチャネルに関して、輝度コントローラ310は、処理デバイス210からプログラム電流レベル392およびデューティサイクル設定394を受信する。次に、輝度コントローラ310は、LDO304、PWMスイッチ $Q_P$ 、およびマルチプレクサ311を制御するための制御信号308、309、318をそれぞれ出力する。輝度コントローラ310は、また、LDO304から調節帰還信号315を受信し、調節帰還390を処理デバイス210に送信する。

#### 【0035】

制御信号309は、DAC307の出力をデジタル的に設定し、次にDAC307の出力は、LED列225に流れるプログラム電流を設定するアナログ基準電圧V refを供給する。一実施形態では、制御信号309は、8つの可能なプログラム可能電流を可能にする3ビットDACワードである。例えば、一実施形態では、各LEDチャネルを、40mAから54mAの範囲の電流に2mA単位で合わせることができる。下記で説明されるように、プログラム電流レベルは、較正段階中に、処理デバイス210によって各LEDチャネル225に対して決定される。輝度コントローラ310は、処理デバイス210によって異なるLEDチャネルが異なるプログラム電流に構成されるように各LEDチャネルを別々に制御する。

#### 【0036】

一実施形態では、DAC307の分解能は3または4ビットに過ぎない。大きなダイナミックレンジの電流動作を可能にするために、他のDAC327が、各DAC307のためにシード基準( seed reference )を生成する。DAC327は、DAC307が制御信号309によってデジタル的にゼロに設定されたとき使用されるベースレベルを設定するために使用される。DAC327は、例えば、LEDチャネルの電流の範囲をより適切に制御するために10ビットの分解能を有することがある。

#### 【0037】

制御信号308は、LEDチャネルのデューティサイクル設定394に従って、各LEDチャネルのPWMスイッチ $Q_P$ をデジタル的に制御する。下記でより詳細に説明されるように、処理デバイス210は、計算プロセス中に、各LEDチャネルのデューティサイクル394をプログラム電流392、基準電流設定380、および明るさ設定382の関数として決定する。輝度コントローラ310は、処理デバイス210によって異なるL

10

20

30

40

50

LEDチャンネル225が異なるPWMデューティサイクルに構成されるように、各LEDチャンネル225のデューティサイクルを別々に制御する。あるLEDチャンネルのデューティサイクル設定394およびプログラム電流392は、そのLEDチャンネル中のLEDの明るさを一括して決定する。

#### 【0038】

制御信号318は、マルチプレクサ311のスイッチングを制御する。輝度コントローラ310は、マルチプレクサ311の選択線318を切り換えることによって、異なるLEDチャンネルからの帰還信号を連続して監視する。あるいは、輝度コントローラ310は、マルチプレクサ311を使用することなしに異なるLEDチャンネルからの帰還信号を監視することができる。輝度コントローラ310は、下記でより詳細に説明される較正段階で使用するための調節帰還390を処理デバイス210に送る。

10

#### 【0039】

処理デバイス210は、各LEDチャンネルnの相対的明るさ $B I_n$ を指定する明るさ入力382を受信する。一実施形態では、明るさ入力 $B I_n$ は、各LEDチャンネルnの望ましい相対的明るさを、予め定義された最高明るさのパーセント値として表す(例えば、 $B I_1 = 60\%$ 、 $B I_2 = 80\%$ 、 $B I_3 = 100\%$ 、その他)。チャンネルの明るさ出力はデューティサイクルに正比例するので、プロセッサは、明るさ入力 $B I_n$ をチャンネルの基準デューティサイクルとして使用する。したがって、例えば、60%の明るさ入力 $B I_n$ は、最大デューティサイクル(最高明るさに対応する)の60%の、チャンネルnの基準デューティサイクルを示す。しかし、処理デバイス210は、LEDチャンネル間の知られた電流ばらつきを補償し、かつ望ましい相対的な明るさを維持するようにPWMスイッチ $Q_p$ のデューティサイクルを決定するとき、補償係数を使ってこの基準デューティサイクルを修正する。この補償係数および結果として得られるデューティサイクルは、下記で説明される較正および計算プロセス中に決定される。

20

#### 【0040】

##### 較正段階

プロセッサ210は、動作の開始時(例えば、起動のすぐ後)に較正段階に入って、各LEDチャンネルのプログラム電流レベルを決定する。各LEDチャンネルは、LEDチャンネル225間の製造ばらつきを補償し、かつ明るさ入力382によって設定されたLEDチャンネル間の相対的明るさ出力を維持するように、別々に設定される。したがって、プロセッサ210は、同じ明るさ入力382で構成されたチャンネルが実質的に一致する明るさ出力を有することを保証する。

30

#### 【0041】

最初に、処理デバイス210は、基準電流設定380、すなわち $I_{set}$ レベル(例えば、 $I_{set} = 40\text{mA}$ )を受信する。次に、処理デバイス210は、輝度コントローラ310がDAC307をその最低レベルに初期化するようになる電流レベル292を出力する。DAC327は、また、基準電流設定に対応する値に初期化される。 $V_{boost}$ 245は、LEDチャンネル225のうちの1つが望ましい $I_{set}$ (例えば、 $I_{set} = 40\text{mA}$ )レベル以上で動作できなくなるまで、徐々に減らされる(制御信号240を介して)。次に、 $V_{boost}$ 245は、全てのチャンネルが再び望ましい $I_{set}$ レベルで調節できる状態で動作するまで、再びインクリメントされる。最も弱いチャンネル(すなわち、LED列225の両端間に最大順方向電圧降下を持つLEDチャンネル)は、 $I_{set}$ で、または $I_{set}$ の近くで動作するが、一方で、他のチャンネルは、LED列302の異なるI-V特性のためにより高い電流レベルで動作する可能性がある。各LED列225の電流レベルを監視するために、 $R_s$ の両端間の電圧を感知し、これを処理デバイス210(図示せず)に送ることができる。この情報は、また、DAC307からDAC値の形で利用可能である。

40

#### 【0042】

いったん $V_{boost}$ 245が適切なレベルに達すると、処理デバイス310は、各LEDチャンネルのDAC307を最低レベルから最高レベルまで順序付け、さらに、調節の

50

状態を示す比較器355からの出力を監視する。DAC307の出力が高くなり過ぎてLDO304が電流をプログラムレベルに維持することができなくなったとき、オペアンプ306の出力が上昇し、比較器355の出力を変化させる閾値電圧353を超え、このことは、チャンネルが最早調節できる状態でないことを示している。チャンネルが調節できない状態になった後で、処理デバイス210は、チャンネルが調節できる状態に戻るまで、そのLEDチャンネルのDAC307を連続してデクリメントする。処理デバイス210は、次に、閾値電圧353を超える前のLEDチャンネルの可能な限り高いDAC設定を、LEDチャンネルnのプログラム電流レベル $I_n$ として格納する。この較正プロセスが繰り返して、LEDチャンネルnの各々のプログラム電流レベル $I_n$ を決定する。較正の後の通常動作中、各LEDチャンネルnは、決定されたプログラム電流 $I_n$ に設定される。

10

**【0043】**

較正プロセスは、一般に、各LDO304が、最高電力効率のために各LDO304の飽和点より下の飽和点の近くで動作することを保証する。飽和電流が最大DAC設定よりも大きいときの最悪の例では、LDO304は、LDO304の三極管領域と飽和領域の間の境界点にできるだけ近いところで飽和の状態で作動作する。

**【0044】**

一実施形態では、較正は、初期較正段階中とは対照的に、オンザフライで行われる。オンザフライ較正中、Vboost245電圧は、予め定められた電圧レベルに設定され、DAC307は、その最低レベルに設定される。システムが動作しているときに、Vboost245は、1つまたは複数のLED列225がIset以上で動作できなくなるまでである時間間隔（例えば、8msごとに）で減らされ、それから最も弱いチャンネルを調節できる状態に戻すためにVboostは再び増やされる。いったんVboost245が適切なレベルに達すると、処理デバイス210は、並行して各LEDチャンネルのDAC307を最低レベルから最高レベルまで順序付け、さらに比較器355の出力を監視する。この順序付けは、ある時間間隔（例えば、8msごとに）で行われる。LED列が調節できない状態になったとき、そのとき処理デバイス210は、調節できない状態になる前のLEDチャンネルの可能な限り高いDAC設定を、LEDチャンネルnのプログラム電流レベル $I_n$ として格納する。残りのLED列は、引き続き同じ手法で順序付けされて、それらのプログラム電流レベル $I_n$ が識別される。

20

**【0045】**

さらに、システムが動作しているときに、LEDチャンネル225の調節状態は、処理デバイス210によって絶えず監視されている。LEDチャンネルが調節できない状態になると、それは比較器355の出力によって示され調節信号390を介して処理デバイス210に伝えられるが、処理デバイス210は、そのLEDチャンネルが調節できる状態に戻るまで、そのLEDチャンネルのプログラム電流レベルを減少させる。その上、処理デバイス210は、プログラム電流レベル392を周期的にインクリメントして、その電流レベルが増加されるべきかどうかを決定することができる。LEDチャンネル225がより高い電流レベルで調節できる状態にある場合、LEDチャンネル225の新しいDAC設定は、処理デバイス210によって、LEDチャンネルnの新しいプログラム電流レベル $I_n$ として格納される。

30

40

**【0046】**

他の実施形態では、較正の全てまたは一部が、処理デバイス210を経由した対話を減らして輝度コントローラ310によって行われることがある。一実施形態では、ブースト変換器220は、輝度コントローラ310によって直接制御される（図示せず）。輝度コントローラ310は、処理デバイス210またはビデオコントローラ205から、Isetを受信する。輝度コントローラ310は、最も弱いチャンネルがIsetで、またはIsetの近くで動作するようにVboost245を設定する。輝度コントローラ310は、次に、最適DAC307設定が識別されるまでDAC307を順序付ける。しかし、輝度コントローラ310で較正を行うことは、輝度コントローラ310に追加されるべき余分な制御回路を必要とするので、処理デバイス210で較正を行うことほど有利でない。

50

## 【 0 0 4 7 】

デューティサイクルの計算

各LEDチャンネルnの決定されたプログラム電流レベル $I_n$ に基づいて、処理デバイス210は、次の式を使用して各LEDチャンネルnのPWMデューティサイクル( $PWM\_out_n$ )を決定する。

## 【 0 0 4 8 】

【数1】

$$PWM\_out_n = BI_n \frac{I_{set}}{I_n} \quad (1)$$

10

## 【 0 0 4 9 】

ここで、 $BI_n$ はチャンネルnの望ましい相対的明るさ設定を表す基準デューティサイクルであり、 $I_{set}$ は、予め定められた基準電流レベルである。式(1)は、この基準デューティサイクルを次式の補償係数で基準化して、チャンネル間の電流ばらつきを補償し、かつ望ましい相対的明るさを維持する。

## 【 0 0 5 0 】

【数2】

$$\frac{I_{set}}{I_n}$$

20

## 【 0 0 5 1 】

通常動作中、処理デバイス210は、 $PWM\_out_n$ をチャンネルnのデューティサイクル設定394として輝度コントローラ310に供給する。そのとき、輝度コントローラ310は、各チャンネルnのデューティサイクル設定394に従って、制御信号308を介してPWMスイッチ $Q_p$ を駆動する。

## 【 0 0 5 2 】

処理デバイス210および輝度コントローラ310の動作をさらに例示するために、ここで例が提供される。この例では、PWM明るさ入力382は、各チャンネルnの相対的明るさ $BI_n$ を60%の明るさに設定する。電流設定入力380は、基準電流設定 $I_{set}$ を40mAに設定する。上記で説明された較正段階中に、処理デバイス210は、各LEDチャンネルのプログラム電流レベル392を決定し、そのプログラム電流レベル392を輝度コントローラ310に伝える。輝度コントローラ310は、次に、制御信号309およびDAC307を介してプログラム電流レベルを設定する。この例では、処理デバイス210は、各LEDチャンネルが飽和点に近いが飽和点より下で動作するように、第1のLEDチャンネルを $I_1 = 46\text{ mA}$ の電流レベルに設定し、第2のLEDチャンネルを $I_2 = 40\text{ mA}$ の電流レベルに設定し、さらに第3のLEDチャンネルを $I_3 = 42\text{ mA}$ の電流レベルに設定する。処理デバイス210は、式(1)をプログラム電流レベルに適用して各LEDチャンネルnのデューティサイクル $PWM\_out_n$ を次の通りに決定する。

30

## 【 0 0 5 3 】

【数3】

$$PWM\_out_1 = BI_1 \frac{I_{set}}{I_1} = 60\% \frac{40mA}{46mA} = 52.2\% \quad (2)$$

$$PWM\_out_2 = BI_2 \frac{I_{set}}{I_2} = 60\% \frac{40mA}{40mA} = 60\% \quad (3)$$

$$PWM\_out_3 = BI_3 \frac{I_{set}}{I_3} = 60\% \frac{40mA}{42mA} = 57.1\% \quad (4)$$

10

【0054】

このようにして、較正および計算プロセスは、各LEDチャンネルnの電流 $I_n$ およびデューティサイクル $PWM\_out_n$ を決定する。有益なことには、各LEDチャンネルは、同じ平均電流( $PWM\_out_n \times I_n = 24mA$ )を有する。したがって、明るさ出力がLEDチャンネルに流れる平均電流に密接に関連しているため、各LEDチャンネルの観察される明るさは申し分なく一致する。

【0055】

相対的明るさ入力 $BI_n$ が、異なるチャンネルnに対して異なるように設定される場合、式(1)は、異なるチャンネルの平均電流間の比が明るさ入力間の比と一致することを保証する。例えば、第4のチャンネルが明るさ入力 $BI_4 = 75\%$ に構成され、第5のチャンネルが明るさ入力 $BI_5 = 25\%$ に構成される場合、処理デバイス210は、第4のチャンネルと第5のチャンネル間の平均電流の比が3:1であるようにチャンネルを較正する。

20

【0056】

輝度コントローラ310とは対照的に処理デバイス210で明るさ計算を行うことは、輝度コントローラ310の大きさ、および複雑さを減らすために有益である。そのようなデューティサイクルの計算を行うための回路は、LED駆動装置中にかなりの量のスペースを占めることがある。しかし、テレビジョンおよびモニタなどの、LED駆動装置を使用する多くのシステムでは、そのような計算を行うことができる処理デバイス210は、既に、そのシステムの既存の構成要素である。したがって、これらの既存のシステム資源は、適応スイッチLED駆動装置の実現を簡略化するために活用することができる。さらに、LED駆動装置215と異なり、処理デバイス210は、ファームウェアを介して、または別の方法でプログラム可能であることがあり、このことは、どんなハードウェアの変更もすることなく明るさを計算するための式の容易な更新を可能にする。

30

【0057】

他の実施形態では、処理デバイス210は、次の式を用いて $PWM\_out_n$ からPWMスイッチ $Q_p$ のデューティサイクルのオン時間を計算する。

$$Ton_n = PWM\_out_n \times Tperiod \quad (5)$$

ここで、 $Ton_n$ は、チャンネルnのスイッチ $Q_p$ のデューティサイクルのオン時間を表し、 $Tperiod$ は完全な1デューティサイクルの周期である。別の言い方をすると、 $Ton_n$ および $Tperiod$ は、2つの別個の時間成分に分けられたデューティサイクル $PWM\_out_n$ の表現である。 $Ton_n$ および $Tperiod$ は、秒またはクロックサイクルなどの任意の時間単位で測定することができる。例えば、 $PWM\_out_n$ が40%で $Tperiod$ が1000クロックサイクルである場合には、 $Ton_n$ は400クロックサイクルである。一実施形態では、 $Tperiod$ は、例えば、予め決められた設定またはビデオコントローラ205から受信された設定から、複数の手法のうちのいずれかで、処理デバイス210によって決定されることがある。

40

【0058】

$Ton_n$ および $Tperiod$ は、PWMスイッチ $Q_p$ のオンおよびオフ時間を制御する

50

ためのデューティサイクル設定394として、LED駆動装置215に伝えられる。PWM<sub>out<sub>n</sub></sub>とは対照的に、Ton<sub>n</sub>およびTperiodの形でデューティサイクル設定394をLED駆動装置に伝えることは、PWM<sub>out<sub>n</sub></sub>をTon<sub>n</sub>時間に変換するための余分な処理回路をLED駆動装置215から除去できるようになるので、有利である。

【0059】

光束伝達関数補償

代替的实施形態では、処理デバイス210は、式(1)の修正バージョンを利用して、光束とLEDの順方向電流の関係の非直線性を明らかにする。図4は、電流の関数としての順方向導通LEDから放射される相対的な光束の図である。この図は、順方向電流が増加するにつれて光効率が落ちることを示し、これによって傾斜の僅かな減少が起こっている。一実施形態では、処理デバイス210は、次の形の二次多項式を使用して輝度伝達関数をモデル化する。

$$lum(x) = c_2 x^2 + c_1 x + c_0 \quad (6)$$

ここで $c_0$ 、 $c_1$ および $c_2$ は、実験的に決定される定数である。この実施形態では、処理デバイス210は、次の補償式を利用して各LEDチャンネルnのPWM<sub>out<sub>n</sub></sub>を決定する。

【0060】

【数4】

$$PWM_{out_n} = BI_n \frac{lum(I_{set})}{lum(I_n)} \quad (7)$$

【0061】

LEDチャンネル間の平均電流の比を明るさ入力 $BI_n$ の比に合わせる上記式(1)とは対照的に、式(7)は、代わりに、LEDチャンネルの相対的な光束出力を相対的な明るさ $BI_n$ に比例するように設定する。このことは、LEDチャンネル間の相対的な明るさ出力をより正確に維持することを可能にする。したがって、同じ明るさ入力で構成されたLEDチャンネルは、実質的に同じ明るさ出力を有する。

【0062】

一実施形態では、処理デバイス210は、較正段階中に各LEDチャンネルnについて次式の比の値を求め、その結果をメモリに格納する。

【0063】

【数5】

$$\frac{lum(I_{set})}{lum(I_n)}$$

【0064】

実時間動作中に、処理デバイス210は、明るさ入力382が更新されるいかなる場合も式(7)の1つの残りの乗算演算を行う必要があるだけである。

【0065】

温度補償

他の代替的实施形態では、処理デバイス310は、LEDチャンネル間の温度ばらつき補償をさらに行う式(1)の異なる修正バージョンを利用する。図5は、55mAの順方向電流を有する順方向バイアスLEDから放射される相対的な光束密度の、接合温度の関数としての図である。この図は、LEDの接合温度が25から85に上昇するときに輝度のほぼ12%の減少を示している。この減少は、温度の実質的な線形関数である。したがって、一実施形態では、処理デバイス210は、次の式を利用して各LEDチャンネルnのPWM<sub>out<sub>n</sub></sub>を決定する。

【0066】

10

20

30

40

【数 6】

$$PWM\_out_n = BI_n \frac{lum(I_{set})}{lum(I_n)C_T} \quad (8)$$

【0067】

ここで、 $C_T$ は、実験的に決定された温度の線形関数である。この実施形態では、処理デバイス210は、追加の温度入力信号（図示せず）を含むように修正されて、LED列225の温度データを受信するように構成されている。温度データは、任意の従来のLED温度測定技術を使用して得ることができる。

【0068】

複数のLED駆動装置を備えるシステム

図6Aおよび図6Bは、複数のLED駆動装置215を備えるシステムの実施形態を示す。図6Aは、ここではシステムが、通信リンク235を介して処理デバイス210に結合された3つのLED駆動装置（例えば、215-1、215-2、215-3）を含むことを除いて、図2に類似する。他の実施形態では、LED駆動装置215がより少ないまたはより多いことがあり得る。各LED駆動装置215は、処理デバイス210から受信されたプログラム電流レベルおよびデューティサイクル設定に基づいて、1つまたは複数のLED列（例えば、225-1、225-2、225-3）に流れる電流を制御する。ブースト変換器220は、共通Vboost315電圧を全てのLED列225に供給する。Vboost245電圧は、処理デバイス210から受信された制御信号240に基づいてブースト変換器220によって制御される。

【0069】

図6Aの一実施形態では、処理デバイス210は、前に説明された較正プロセス中に、適切なVboost電圧245を決定する。他の実施形態では、LED駆動装置215および処理デバイス210は、修正された較正プロセスを利用して、Vboost245の適切な電圧レベルを決定する。較正段階中、各LED駆動装置215は、最も弱いLED列225がIsetまたはIsetの近くで動作するようにVboost245電圧を設定しようと試みる。しかし、処理デバイス210だけが、制御信号240を通してブースト変換器220を直接制御することができる。各LED駆動装置215は、したがって、通信リンク235を介してそれ自体の電圧設定を処理デバイス210に供給する。処理デバイス210は、異なるLED駆動装置215から受信された様々な電圧設定から最低電圧設定を選ぶ。処理デバイス210は、制御信号240を介して、最低電圧設定に従ってVboost245電圧を設定する。他の実施形態では、最低電圧設定は、また、処理デバイス210から全てのLED駆動装置215に送信されることがある。

【0070】

図6Bは、ブースト変換器220を制御するための制御信号640が、ここでは、処理デバイス210ではなくLED駆動装置215-1に接続されていることを除いて、図6Aに類似する。この実施形態では、LED駆動装置215および処理デバイス210は、異なる修正較正プロセスを利用して、Vboost245の適切な電圧レベルを決定する。較正段階中、各LED駆動装置215は、最も弱いLED列225がIsetまたはIsetの近くで動作するようにVboost245電圧を設定しようと試みる。しかし、1つのLED駆動装置215-1だけが、Vboost245電圧を制御するブースト変換器220に直接接続されている。したがって、各LED駆動装置（例えば、215-1、215-2、215-3）は、通信リンク235を介してそれ自体の電圧設定を処理デバイス210に供給する。処理デバイス210は、異なるLED駆動装置215から受信された様々な電圧設定から最低電圧設定を選び、その最低電圧設定をLED駆動装置215-1に送信する。LED駆動装置215-1は、次に、処理デバイス210から受信された電圧設定に従って、制御信号640を介してVboost245電圧を設定する。

【0071】

動作の方法



図7は、1つまたは複数のLED列225を駆動するためのLED駆動装置215によって行われる方法の実施形態を示す。LED駆動装置は、LED列の電流が調節できない状態であるかどうかを示す調節情報を、通信リンクを介して処理デバイスに送信する(710)。調節情報を使用して、処理デバイスは、較正段階中に、LED列を調節できる状態に保つプログラム電流レベルを設定する。このプログラム電流レベルは、限られた組のプログラム可能電流レベルから決定される。

【0072】

LED駆動装置は、通信リンクを介して処理デバイスからプログラム電流レベルを受信し(720)、そのプログラム電流レベルに従ってLED列に流れる電流を調節する(730)。LED駆動装置は、また、第1のLED列をオンおよびオフに切り替えるために処理デバイスからデューティサイクル設定を受信する(740)。このデューティサイクルは、処理デバイスによって、プログラム電流レベルの関数として決定される。LED駆動装置は、次に、デューティサイクル設定によって示されたデューティサイクルでLED列をオンまたはオフに切り替える(750)。このプロセスは、各LED列が別々に制御されるように複数のLED列のいずれについても繰り返すことができる。

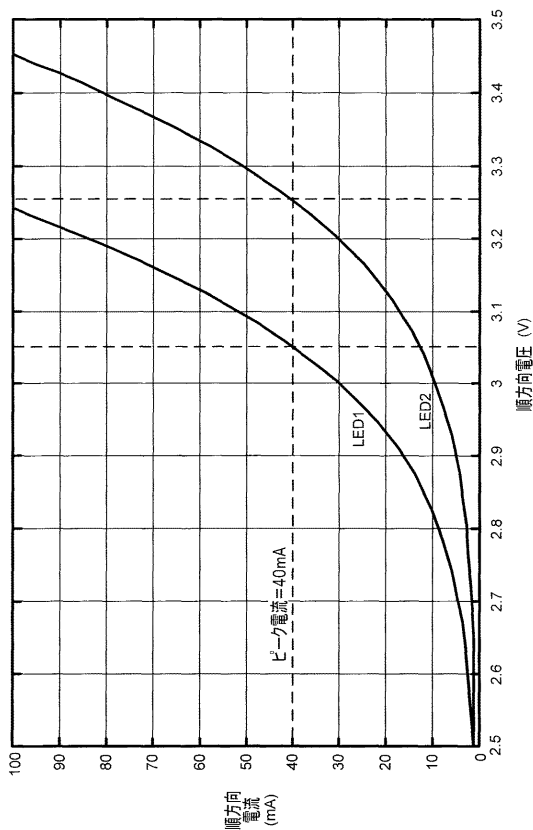
10

【0073】

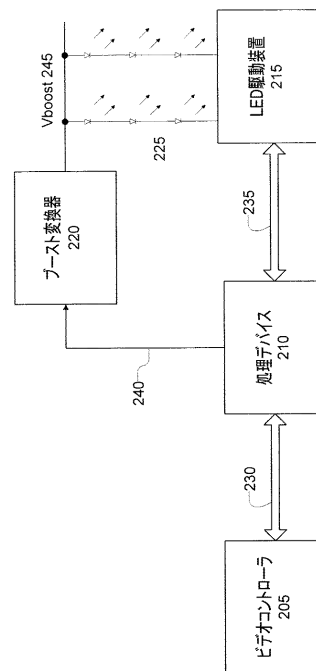
この開示を読むと直ぐに、当業者は、ファームウェアで制御される適応スイッチモードLED駆動装置に関して、さらに追加の代替的設計を理解するであろう。したがって、本発明の特定の実施形態および応用が示され説明されたが、本発明が本明細書で開示されたまさにその構造および構成要素に限定されないこと、および、添付の特許請求の範囲で定義されるような本発明の精神および範囲から逸脱することなしに、本明細書で開示された本発明の方法および装置の構成、動作および細部に、当業者には明らかになる様々な修正、変更および変形が加えられることは、理解されるべきである。

20

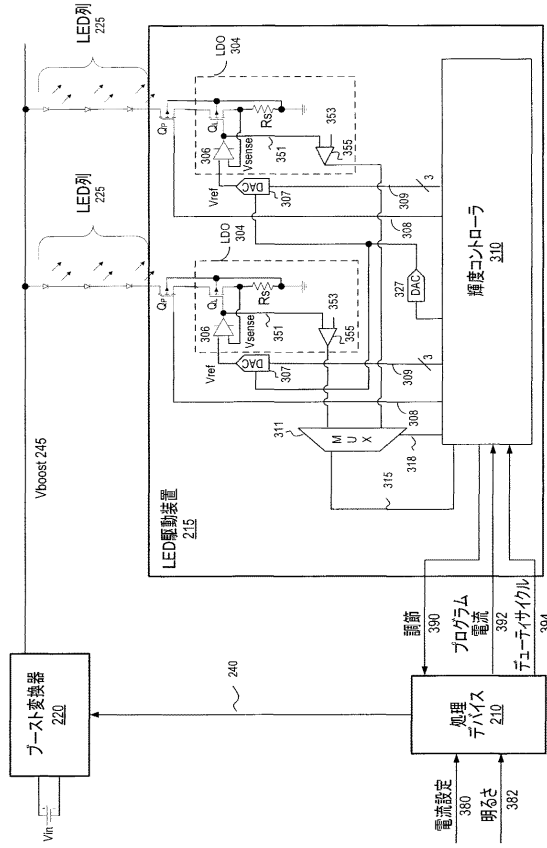
【図1】



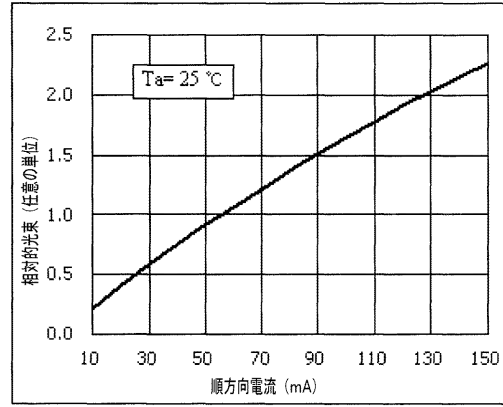
【図2】



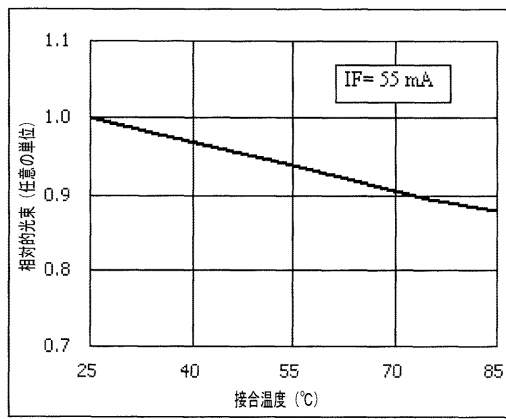
【図3】



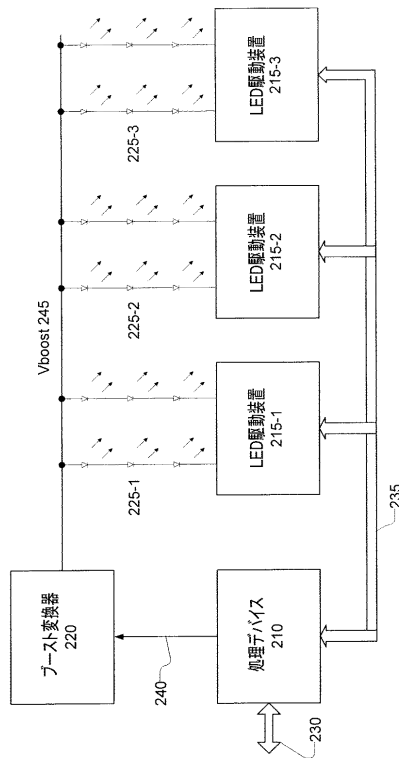
【図4】



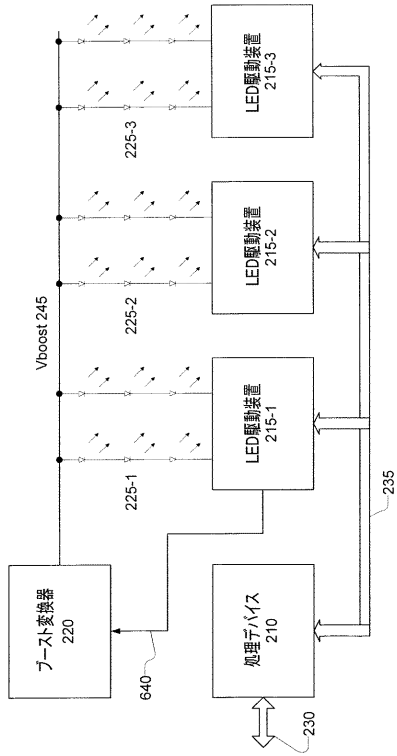
【図5】



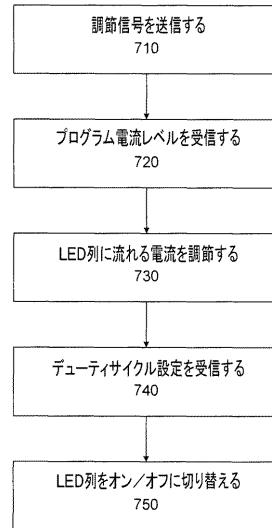
【図6A】



【図6B】



【図7】



## フロントページの続き

- (72)発明者 ミンジョン キム  
アメリカ合衆国 95032 カリフォルニア州 ロス ガトス オルブライト ウェイ 101  
アイワット インコーポレーテッド内
- (72)発明者 リアン エンジュ  
アメリカ合衆国 95032 カリフォルニア州 ロス ガトス オルブライト ウェイ 101  
アイワット インコーポレーテッド内
- (72)発明者 ジョン ウィリアム ケスターソン  
アメリカ合衆国 95032 カリフォルニア州 ロス ガトス オルブライト ウェイ 101  
アイワット インコーポレーテッド内
- (72)発明者 ワン シャオヤン  
アメリカ合衆国 95032 カリフォルニア州 ロス ガトス オルブライト ウェイ 101  
アイワット インコーポレーテッド内

審査官 三島木 英宏

- (56)参考文献 特開2009-157385(JP,A)  
特開2009-070878(JP,A)

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