

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5475768号
(P5475768)

(45) 発行日 平成26年4月16日(2014.4.16)

(24) 登録日 平成26年2月14日(2014.2.14)

(51) Int.Cl.	F 1
H05B 37/02 (2006.01)	H05B 37/02 L
H02M 3/155 (2006.01)	H02M 3/155 P
B60Q 1/00 (2006.01)	H02M 3/155 U B60Q 1/00 C

請求項の数 21 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2011-516410 (P2011-516410)
(86) (22) 出願日	平成21年6月8日(2009.6.8)
(65) 公表番号	特表2011-527078 (P2011-527078A)
(43) 公表日	平成23年10月20日(2011.10.20)
(86) 国際出願番号	PCT/US2009/046617
(87) 国際公開番号	W02010/002547
(87) 国際公開日	平成22年1月7日(2010.1.7)
審査請求日	平成23年2月18日(2011.2.18)
(31) 優先権主張番号	12/164,909
(32) 優先日	平成20年6月30日(2008.6.30)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	510336336 アイワット インコーポレーテッド 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	ユーフィ チェン 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】複数のフィードバック・ループを有する LED ドライバー

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の LED (Light-Emitting Diode、発光ダイオード) 列をドライプするための LED ドライバー・システムであって、前記第 1 の LED 列は 1 つの LED または互いに直列に接続された複数の LED より成り、該 LED ドライバー・システムは、

入力 DC (Direct Current、直流) 電圧を受信し、前記第 1 の LED 列に適用される出力 DC 電圧を発生させるスイッチング電力変換器であって、前記スイッチング電力変換器が、第 1 のスイッチによりスイッチングされる、スイッチング電力変換器と、

前記第 1 の LED 列に直列に接続された第 2 のスイッチと、

前記第 1 の LED 列を通る電流を感知し、前記第 1 の LED 列を通る前記感知された電流および第 1 の電流基準に少なくとも一部が基づき、前記第 2 のスイッチのオン時間またはオフ時間を制御し、前記第 1 の電流基準はあらかじめ定められた信号であり、前記第 1 の LED 列の必要とされる輝度に対応する、第 1 のフィードバック制御ループと、

前記第 2 のスイッチの前記オン時間または前記オフ時間のデューティ・サイクル基準およびデューティ・サイクルに少なくとも一部が基づき、前記第 1 のスイッチのオン時間またはオフ時間を制御し、前記デューティ・サイクルは前記第 1 の LED 列を通る前記感知された電流に基いて決定され、前記第 1 の電流基準は前記第 1 の LED 列の必要とされる輝度に対応し、前記デューティ・サイクル基準はあらかじめ定められた信号であり、前記

第2のスイッチの必要とされる前記デューティ・サイクルに対応する、第2のフィードバック制御ループと
を具備することを特徴とするLEDドライバー・システム。

【請求項2】

前記第1のフィードバック制御ループが、

前記第1のLED列と結合され、前記第1のLED列を通る電流を感知し、第1の感知された電流信号を発生させるように構成される、第1の電流感知器と、

前記第1の感知された電流信号および前記第1の電流基準を受信し、前記第1の感知された電流信号および前記第1の電流基準の間の差分を増幅し、第1の差分信号を発生させるように構成される、第1の増幅器と、

前記第1の差分信号および第1のランプ信号を受信し、前記第1の差分信号を前記第1のランプ信号と比較し、前記第2のスイッチの前記オン時間または前記オフ時間を制御するための第1の制御信号を発生させるように構成される、第1の比較器と
を具備することを特徴とする請求項1に記載のLEDドライバー・システム。

10

【請求項3】

前記第1のランプ信号が、周期的信号であることを特徴とする請求項2に記載のLEDドライバー・システム。

【請求項4】

前記第1のLED列中の前記1つまたは複数のLEDの輝度が、前記第1の電流基準によって調整されることを特徴とする請求項2に記載のLEDドライバー・システム。

20

【請求項5】

前記第2のフィードバック制御ループが、

前記第1の電流感知器と、

前記第1の増幅器と、

前記第1の差分信号および前記デューティ・サイクル基準を受信し、前記第1の差分信号および前記デューティ・サイクル基準の間の差分を増幅し、第2の差分信号を発生させるように構成される、第2の増幅器と、

前記第2の差分信号および第2のランプ信号を受信し、前記第2の差分信号を前記第2のランプ信号と比較し、前記第1のスイッチの前記オン時間または前記オフ時間を制御するための第2の制御信号を発生させるように構成される、第2の比較器と
を具備することを特徴とする請求項2に記載のLEDドライバー・システム。

30

【請求項6】

前記スイッチング電力変換器の前記出力DC電圧が、前記デューティ・サイクル基準によって調整されることを特徴とする請求項5に記載のLEDドライバー・システム。

【請求項7】

前記第1のフィードバック制御ループが、

前記第1の増幅器と結合された周波数補償ネットワークであって、前記第1の増幅器および前記周波数補償ネットワークが、前記第1の感知された電流信号および前記第1の電流基準の間の差分を増幅する相互インピーダンス誤差増幅器を形成すること

をさらに具備することを特徴とする請求項2に記載のLEDドライバー・システム。

40

【請求項8】

前記第1のLED列に並列に接続された第2のLED列に直列に接続された第3のスイッチと、

前記第2のLED列を通る電流を感知し、前記第2のLED列を通る前記感知された電流および第2の電流基準に少なくとも一部が基づき、前記第3のスイッチのオン時間またはオフ時間を制御するように構成される、第3のフィードバック制御ループと

をさらに具備することを特徴とする請求項1に記載のLEDドライバー・システム。

【請求項9】

前記第1の電流基準および前記第2の電流基準が同一であることを特徴とする請求項8に記載のLEDドライバー・システム。

50

【請求項 10】

前記第1のLED列および前記第2のLED列が、異なった色に対応すること、ならびに前記第1の電流基準および前記第2の電流基準が異なっていることを特徴とする請求項8に記載のLEDドライバー・システム。

【請求項 11】

前記第1のフィードバック制御ループが、

前記第1のLED列と結合され、そして前記第1のLED列を通る電流を感知し、第1の感知された電流信号を発生させるように構成される、第1の電流感知器と、

前記第1の感知された電流信号および前記第1の電流基準を受信し、そして前記第1の感知された電流信号および前記第1の電流基準の間の差分を増幅し、第1の差分信号を発生させるように構成される、第1の増幅器と、

前記第1の差分信号および第1のランプ信号を受信し、そして前記第1の差分信号を前記第1のランプ信号と比較し、前記第2のスイッチの前記オン時間または前記オフ時間を制御するための第1の制御信号を発生させるように構成される、第1の比較器と

を具備することと、

前記第3のフィードバック制御ループが、

前記第2のLED列と結合され、そして前記第2のLED列を通る電流を感知し、第2の感知された電流信号を発生させるように構成される、第2の電流感知器と、

前記第2の感知された電流信号および前記第2の電流基準を受信し、そして前記第2の感知された電流信号および前記第2の電流基準の間の差分を増幅し、第2の差分信号を発生させるように構成される、第2の増幅器と、

前記第2の差分信号および第2のランプ信号を受信し、そして前記第2の差分信号を前記第2のランプ信号と比較し、前記第3のスイッチの前記オン時間または前記オフ時間を制御するための第2の制御信号を発生させるように構成される、第2の比較器と

を具備することと、

前記第2のフィードバック制御ループが、

前記第1の電流感知器と、

前記第2の電流感知器と、

前記第1の増幅器と、

前記第2の増幅器と、

前記第1の差分信号および前記第2の差分信号の内で最大のものを選択するための大きさ比較器と、

前記大きさ比較器の出力および前記デューティ・サイクル基準の間の差分を増幅し、第3の差分信号を発生させるように構成される、第3の増幅器と、

前記第3の差分信号および第3のランプ信号を受信し、前記第3の差分信号を前記第3のランプ信号と比較し、前記第1のスイッチの前記オン時間または前記オフ時間を制御するための第3の制御信号を発生させるように構成される、第3の比較器と

を具備することと

を特徴とする請求項8に記載のLEDドライバー・システム。

【請求項 12】

前記大きさ比較器が、前記第1の差分信号の第1のデューティ・サイクルの、前記第1の電流基準に対する第1の比率を、前記第2の差分信号の第2のデューティ・サイクルの、第2の電流基準に対する第2の比率と比較し、前記第1の比率および前記第2の比率の内の最大なものと関連付けられた前記第1の差分信号または前記第2の差分信号の何れかを選択することを特徴とする請求項11に記載のLEDドライバー・システム。

【請求項 13】

前記スイッチング電力変換器が、ブースト変換器であることを特徴とする請求項1に記載のLEDドライバー・システム。

【請求項 14】

前記第1のLED列に並列に接続された第2のLED列に直列に接続された第3のスイ

10

20

30

40

50

ツチと、

前記第2のLED列を通る電流を感知し、そして前記第2のLED列を通る前記感知された電流および第2の電流基準に少なくとも一部が基づき、前記第3のスイッチのオン時間またはオフ時間を制御するように構成される、第3のフィードバック制御ループと、

前記第1および第2のLED列に並列に接続された第3のLED列に直列に接続された第4のスイッチと、

前記第3のLED列を通る電流を感知し、そして前記第3のLED列を通る前記感知された電流および第3の電流基準に少なくとも一部が基づき、前記第4のスイッチのオン時間またはオフ時間を制御するように構成される、第4のフィードバック制御ループと

をさらに具備し、

前記第1のLED列、前記第2のLED列、および前記第3のLED列が、それぞれ赤、緑、および青の色に対応し、そして前記第1の電流基準、前記第2の電流基準、および前記第3の電流基準が、それぞれ前記赤、緑、および青の色の必要とされる輝度に対応してそれぞれ異なることを特徴とする請求項1に記載のLEDドライバー・システム。

【請求項15】

1つのLEDまたは互いに直列に接続された複数のLEDより成る第1のLED列と、

入力DC(Direct Current、直流)電圧を受信し、前記第1のLED列に適用される出力DC電圧を発生させるスイッチング電力変換器であって、前記スイッチング電力変換器が、第1のスイッチによりスイッチングされる、スイッチング電力変換器と、

前記第1のLED列に直列に接続された第2のスイッチと、

前記第1のLED列を通る電流を感知し、そして前記第1のLED列を通る前記感知された電流および第1の電流基準に基づき、前記第2のスイッチのオン時間またはオフ時間を制御し、前記第1の電流基準はあらかじめ定められた信号であり、前記第1のLED列の必要とされる輝度に対応する、第1のフィードバック制御ループと、

前記第2のスイッチの前記オン時間または前記オフ時間のデューティ・サイクル、およびデューティ・サイクル基準に少なくとも一部が基づき、前記第1のスイッチのオン時間またはオフ時間を制御し、前記デューティ・サイクルは前記第1のLED列を通る前記感知された電流に基いて決定され、前記第1の電流基準は前記第1のLED列の必要とされる輝度に対応し、前記デューティ・サイクル基準はあらかじめ定められた信号であり、前記第2のスイッチの必要とされる前記デューティ・サイクルに対応する、第2のフィードバック制御ループと

を具備することを特徴とする電子デバイス。

【請求項16】

前記第1のフィードバック制御ループが、

前記第1のLED列と結合され、前記第1のLED列を通る電流を感知し、第1の感知された電流信号を発生させるように構成される、第1の電流感知器と、

前記第1の感知された電流信号および前記第1の電流基準を受信し、前記第1の感知された電流信号および前記第1の電流基準の間の差分を増幅し、第1の差分信号を発生させるように構成される、第1の増幅器と、

前記第1の差分信号および第1のランプ信号を受信し、前記第1の差分信号を前記第1のランプ信号と比較し、前記第2のスイッチの前記オン時間または前記オフ時間を制御するための第1の制御信号を発生させるように構成される、第1の比較器と

を具備することを特徴とする請求項15に記載の電子デバイス。

【請求項17】

前記第2のフィードバック制御ループが、

前記第1の電流感知器と、

前記第1の増幅器と、

前記第1の差分信号および前記デューティ・サイクル基準を受信し、前記第1の差分信号および前記デューティ・サイクル基準の間の差分を増幅し、第2の差分信号を発生させ

10

20

30

40

50

るよう構成される、第2の増幅器と、

前記第2の差分信号および第2のランプ信号を受信し、前記第2の差分信号を前記第2のランプ信号と比較し、前記第1のスイッチの前記オン時間または前記オフ時間を制御するための第2の制御信号を発生させるように構成される、第2の比較器と

を具備することを特徴とする請求項16に記載の電子デバイス。

【請求項18】

前記第1のフィードバック制御ループが、

前記第1の増幅器と結合された周波数補償ネットワークであって、前記第1の増幅器および前記周波数補償ネットワークが、前記第1の感知された電流信号および前記第1の電流基準の間の差分を増幅する相互インピーダンス誤差増幅器を形成すること

10

をさらに具備することを特徴とする請求項16に記載の電子デバイス。

【請求項19】

前記第1のLED列に並列に接続された第2のLED列に直列に接続された第3のスイッチと、

前記第2のLED列を通る電流を感知し、そして前記第2のLED列を通る前記感知された電流および第2の電流基準に少なくとも一部が基づき、前記第3のスイッチのオン時間またはオフ時間を制御するように構成される、第3のフィードバック制御ループと

をさらに具備することを特徴とする請求項15に記載の電子デバイス。

【請求項20】

前記第1のフィードバック制御ループが、

20

前記第1のLED列と結合され、前記第1のLED列を通る電流を感知し、第1の感知された電流信号を発生させるように構成される、第1の電流感知器と、

前記第1の感知された電流信号および前記第1の電流基準を受信し、前記第1の感知された電流信号および前記第1の電流基準の間の差分を増幅し、第1の差分信号を発生させるように構成される、第1の増幅器と、

前記第1の差分信号および第1のランプ信号を受信し、前記第1の差分信号を前記第1のランプ信号と比較し、前記第2のスイッチの前記オン時間または前記オフ時間を制御するための第1の制御信号を発生させるように構成される、第1の比較器と

を具備することと、

前記第3のフィードバック制御ループが、

30

前記第2のLED列と結合され、前記第2のLED列を通る電流を感知し、第2の感知された電流信号を発生させるように構成される第2の電流感知器と、

前記第2の感知された電流信号および前記第2の電流基準を受信し、前記第2の感知された電流信号および前記第2の電流基準の間の差分を増幅し、第2の差分信号を発生させるように構成される、第2の増幅器と、

前記第2の差分信号および第2のランプ信号を受信し、前記第2の差分信号を前記第2のランプ信号と比較し、前記第3のスイッチの前記オン時間または前記オフ時間を制御するための第2の制御信号を発生させるように構成される、第2の比較器と

を具備することと、

前記第2のフィードバック制御ループが、

40

前記第1の電流感知器と、

前記第2の電流感知器と、

前記第1の増幅器と、

前記第2の増幅器と、

前記第1の差分信号および前記第2の差分信号の内で最大のものを選択するための大きさ比較器と、

前記大きさ比較器の出力および前記デューティ・サイクル基準の間の差分を増幅し、第3の差分信号を発生させるように構成される、第3の増幅器と、

前記第3の差分信号および第3のランプ信号を受信し、前記第3の差分信号を前記第3のランプ信号と比較し、前記第1のスイッチの前記オン時間または前記オフ時間を制御す

50

るための第3の制御信号を発生させるように構成される、第3の比較器とを具備することとを特徴とする請求項19に記載の電子デバイス。

【請求項21】

前記大きさ比較器が、前記第1の差分信号の第1のデューティ・サイクルの、前記第1の電流基準に対する第1の比率を、前記第2の差分信号の第2のデューティ・サイクルの、第2の電流基準に対する第2の比率と比較し、前記第1の比率および前記第2の比率の内の最大なものと関連つけられた前記第1の差分信号または前記第2の差分信号の何れかを選択することを特徴とする請求項20に記載の電子デバイス。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、LED (Light-Emitting Diode、発光ダイオード) ドライバーに、より詳細には複数のフィードバック・ループを有するLEDドライバーに関する。

【背景技術】

【0002】

LEDは、例えば建築照明、自動車のヘッド・ライトおよびテール・ライト、液晶表示装置のための背面光、懐中電灯などの、多種多様な電子アプリケーションにおいて採用されている。白熱灯および蛍光灯などの従来型照明源に比較してLEDには、高効率、優れた方向性、色の安定性、高信頼性、長寿命、小型、および環境安全性を含む顕著な利点がある。

20

【0003】

LEDは、電流駆動型デバイスであり、従って、LEDを通る電流を調節することが、LEDアプリケーションのための重要な制御技法になる。DC (Direct Current、直流) 電圧源からLEDの大きな配列を駆動するために、Boost (ブースト) 電力変換器などのDC-DCスイッチング電力変換器をフィードバック・ループと共に使用して、LED電流を調節することがしばしばである。図1は、Boost変換器を使用する従来型LEDドライバーを例証する。LEDドライバーは、入力DC電圧 V_{in} および互いに直列に接続されたLED列110の間に結合された、Boost DC-DC電力変換器100、および制御器回路102を含む。従来型ではブースト変換器100は、インダクタンスL、ダイオードD、コンデンサーC、およびスイッチS1を含む。ブースト変換器100は、他の構成要素を含むことができるが、それらは例証の簡単化のため本明細書では省略される。ブースト変換器100の構造および動作はよく知られている。一般にその出力電圧 V_{out} は、スイッチS1のターン・オン/ターン・オフ時間のデューティ・サイクルに従って決定される。出力電圧 V_{out} は、LED列110に適用され、LED110を通る電流を供給する。制御器回路102は、LED110を通る電流104を検出し、そして検出された電流104に基づき、制御信号106を発生させ、スイッチのデューティ・サイクルを制御する。制御器回路102は、PWM (Pulse Width Modulation、パルス幅変調)、PFM (Pulse Frequency Modulation、パルス周波数変調)、一定のオン時間またはオフ時間制御、ヒステリシス/スライディング (hysteresis/sliding) モード制御などを含む、さまざまな制御方式の1つによりスイッチS1を制御することができる。制御器回路102および信号路104、106は一体として、図1の従来型LEDドライバーのためのただ一つのフィードバック・ループを形成する。図1に示されるものなどの従来型LEDドライバーに対する2つの主な課題は、速度および電流共有である。

30

【0004】

LED輝度は頻繁に調節される必要があるため、LEDドライバーにおいては高速のスイッチング速度が必要とされる。軽または無負荷から高負荷にまたはその逆にLEDが短時間に遷移する必要性がある、PWM (Pulse Width Modulation

40

50

：パルス幅変調）による調光制御に対して、高速のスイッチング速度は特に有効である。LEDドライバーの速度は、その小信号性能の評価基準である。Boost変換器における本来的RHP（Right-Half-Plane、右半平面）ゼロの故に、従来型LEDドライバーの速度は、ほとんどのLEDアプリケーションが必要とする速度より低く制限される。

【0005】

LEDの製造工程によりもたらされるLEDのパラメータ変動性の故に、電流共有が必要となる。複数のLED列が並列に接続されたときに、LEDの順方向電圧（ V_F ）における僅かな不整合はこれらの電流輝度に大きな差異をもたらし得る。電流共有は、さまざまな方法にて試みられている。1つの初步的な解決方法は、複数のLED列のそれぞれを別々の電力変換器によりドライブすることである。しかしながらこのような解決方法の不都合は、自明ながら構成要素の数が増え、実現コストが高くなり、そしてサイズが大きくなることである。

【0006】

別の解決方法は、例えば特許文献1にて示されるように、それぞれが1つのLED列をドライブする電流ミラー群を使用することである。しかしながらこのような電流ミラーによる解決方法の不都合は、効率が低いということである。すなわち、LEDの順方向電圧が異なるときに、並列に接続されたLED列に適用された電力変換器の出力電圧（ V_+ ）は、最大の結合順方向電圧 V_F を有するLED列より高くななければならない。最大より低い結合順方向電圧を有するLED列においては電圧差分（ $V_+ - V_F$ ）が有ることになり、これがそれぞれの電流ミラーに亘って適用され、最低の結合順方向電圧 V_F を有するLED列には最大の電圧差分があることになる。電流ミラーにより消散される電力は照明に寄与しないため、特にLED列の間の結合順方向電圧における差異が大きいときは、全体的効率は低くなる。

【0007】

さらに別の解決方法は、特許文献2にて示されるように、複数のLED列のそれぞれを順番にオンすることである。しかしながらこの解決方法は、LEDドライバーからさらにより高速の動的応答を必要とし、その結果電力変換器が深いDCM（Discontinuous Mode）にて動作することを強いられ、そうなると電力変換効率は低くなる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】米国特許第6538394号明細書

【特許文献2】米国特許第6618031号明細書

【発明の概要】

【0009】

本発明の実施形態は、少なくとも2つの別々の連動した閉フィードバック・ループを含むLEDドライバーを含む。1つのフィードバック・ループは、LED列のオン/オフ時間のデューティ・サイクルを制御し、そして他方のフィードバック・ループは、並列のLED列に適用されるDC電圧を供給するスイッチング電力変換器における電力スイッチのオン/オフ時間のデューティ・サイクルを制御する。本発明のLEDドライバーは、別々の機能を果たす2つのフィードバック・ループを含むことによって、LED輝度の高速制御および複数のLED列の間での正確な電流共有を電力効率的かつ費用効率的な方法にて同時に達成する。

【0010】

本明細書における特徴および利点は、すべてを包括するものではなく、さらにより詳細には、本図面、明細書、および請求の範囲を考慮すれば、通常の当業者にとって多くの追加的特徴および利点が明白になるであろう。そのうえ本明細書にて使用される言語は、主に可読性および説明性の目的のために選択されており、かつ本発明の主題を線引き（d

10

20

30

40

50

`elineate`) したり、または制限(`circumscribe`)したりすることを選択するものではないことに注意するべきである。

【0011】

添付図面に関連して以下の詳細な説明を考察することにより、本発明の実施形態に関する教示を容易に理解することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】Boost変換器を使用する従来型LEDドライバーを例証する図である。

【図2】本発明の第1の実施形態による、複数のフィードバック・ループを含むLEDドライバーを例証する図である。 10

【図3】本発明の第2の実施形態による、複数のフィードバック・ループを含むLEDドライバーを例証する図である。

【図4】本発明の第3の実施形態による、複数のフィードバック・ループを含むLEDドライバーを例証する図である。 20

【図5】本発明の一実施形態による、周波数補償ネットワークの一例を例証する図である。

【図6】本発明の一実施形態による、図3に示された大きさ比較器の一例を例証する図である。

【図7A】本発明の一実施形態による、図4に示された大きさ比較器の一例を例証する図である。 20

【図7B】本発明の別の実施形態による、図4に示された大きさ比較器の一例を例証する図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

図および以下の説明は、例証する目的でのみ本発明の好適な実施形態に関連する。以下の議論から、ここに開示される構造および方法の代替の実施形態が、請求される本発明の本質から逸脱することなく採用することができる実行可能な代替案として容易に認識されるであろうことに注意するべきである。

【0014】

ここで、本発明のいくつかの実施形態を詳細に参照することになり、その例が添付図面にて例証される。図において実際的に同様のまたは類似の参照番号が使用されている場合には、同様のまたは類似の機能性を表すことに注意されたい。図は、例証のみの目的のために本発明の実施形態を表現するものである。当業者は以下の説明から、本発明の本質から逸脱することなく、ここに例証される構造および方法の代替の実施形態を採用することができることを容易に認めるであろう。 30

【0015】

図2は、本発明の第1の実施形態によるLEDドライバーを例証する。LEDドライバーは、電子デバイスの一部ができる。LEDドライバーは、ブースト型DC-DC電力変換器100、MOSFETスイッチS2、およびフィードバック制御回路202、204を具備する。スイッチS2は、複数のLED列110に直列に、LED列110における最後のLEDのカソードおよび地気の間に接続されるが、スイッチS2はまた、LED列110における第1のLEDのアノードおよびブースト変換器100の間に直列に接続することができる。ブースト変換器100は従来型のものであり、そしてインダクタンスL、ダイオードD、コンデンサーC、およびMOSFETスイッチS1を含む。ブースト変換器100は、他の構成要素を含むことができるが、それらは例証の簡単化のため本明細書では省略される。ブースト変換器100の構造および動作はよく知られている - 一般にその出力電圧Voutは、スイッチS1がスイッチング周期においてどれ程長時間オンしているかにより決定される。出力電圧Voutは、LED列110に適用され、LED110を通して電流を供給する。PWM(Pulse Width Modulation、パルス幅変調)、PFM(Pulse Frequency Modulation、パルス周波数変調) 40

tion、パルス周波数変調)、一定のオン時間またはオフ時間制御、ヒステリシス/スライディング・モード制御などを含む、さまざまな制御方式の1つによりスイッチS1を制御することができる。電力変換器100としてブースト変換器が使用されているが、ブースト、バックブースト(buck-boost)、フライバック(flyback)などを含む異なった形態を有する他の型の電力変換器を、ブースト電力変換器100に代わって使用することができる。

【0016】

フィードバック制御回路202は、閉フィードバック・ループの一部を形成し、そして増幅器Amp1、周波数補償ネットワークFreqComp1、および比較器Comp1を含む。フィードバック制御回路204は、別の閉フィードバック・ループの一部を形成し、そして増幅器Amp2、周波数補償ネットワークFreqComp2、および比較器Comp2を含む。増幅器Amp1、Amp2は、電圧-電圧演算増幅器、電圧-電流相互コンダクタンス増幅器、電圧-電流相互-抵抗増幅器、または電流-電流ミラーなどの、任意の型の増幅器であることができる。またデジタル回路にてそれらを実施することも可能である。周波数補償ネットワークFreqComp1、FreqComp2は、抵抗およびコンデンサー・ネットワークから成り、そして積分器として機能する。増幅器Amp1、Amp2の増幅器の型に依存して、周波数補償ネットワークFreqComp1、FreqComp2は、増幅器出力から入力へ(図2に示されるように)か、増幅器出力からAC(Alternating Current、交流)地気へか、および/または増幅器入力から増幅器Amp1、Amp2への入力信号が供給されるポートへか、の何れかにて接続することができる。同様に周波数補償ネットワークFreqComp1、FreqComp2は、デジタル回路にて実施することができる。構成要素210は電流感知器を表し、抵抗性、誘導性(電流トランジス)、および寄生性(MOS R_{DS(ON)})およびインダクタンスDC抵抗)感知などの、様々な形体にて実現することができる。例証の簡単化のために、実施形態を例証するために不可欠ではないMOSゲート・ドライバーなどの周辺回路は図2からは省略されている。

【0017】

図2の第1の実施形態におけるフィードバック回路は、2つの連動した閉フィードバック・ループ、Loop1およびLoop2を含む。第1のフィードバック・ループ(Loop1)は、電流感知器210、増幅器Amp1、および比較器Comp1を含む、フィードバック制御回路202からの構成要素を含む。第1のフィードバック・ループ(Loop1)は、電流感知器210を使用してLED110を通る電流を感知し、そして制御信号206を通してスイッチS2のデューティ・サイクルを制御し、その結果、少なくとも部分的にはLED110を通る感知された電流に基づき、スイッチS2がスイッチング・サイクルにおいてそれぞれオンしそしてオフする、スイッチS2のオン時間および/またはオフ時間を制御する。第2のフィードバック・ループ(Loop2)は、電流感知器210、増幅器Amp1、Amp2、および比較器Comp2を含む、フィードバック回路202、204からの構成要素を含む。第2のフィードバック・ループ(Loop2)は、増幅器Amp1の出力電圧V_{c1}を感知し、そして制御信号208を通してスイッチS1のデューティ・サイクルを制御し、その結果、少なくとも部分的には増幅器Amp1の出力電圧V_{c1}に基づき、スイッチS1がスイッチング・サイクルにおいてそれぞれオンしそしてオフする、スイッチS1のオン時間および/またはオフ時間を制御する。これらの2つのフィードバック・ループ、Loop1およびLoop2は、異なる周波数領域にて動作し、以下でさらに詳細に説明されるように、異なった制御目標を達成する。

【0018】

<第1のフィードバック・ループ(Loop1)の動作>

LED列110を通るLED電流は、電流感知器210により感知され、そして増幅器Amp1に入力信号として供給される。増幅器Amp1への他方の入力信号は、予め定められた基準となる電流信号、CurRef.であり、必要とされるLED輝度に対応する。LED電流およびCurRef.の間の差分は、周波数補償ネットワーク、FreqC

10

20

30

40

50

o m p 1 による適切な周波数補償を伴って増幅器 A m p 1 によって増幅される。増幅器 A m p 1 および周波数補償ネットワーク Freq Comp 1 は一体として、適用される周波数補償を伴う相互インピーダンス誤差増幅器を形成する。増幅器 A m p 1 の出力 V_{c_1} は次に、比較器 Comp 1 に供給され、そして基準となるランプ信号 Ramp 1 に対して比較される。この基準となるランプ信号 Ramp 1 は、望ましくは鋸歯状の、三角の、または Comp 1 の出力にて PWM (Pulse Width Modulation、パルス幅変調された) 信号 206 を発生させる能力がある他の型の波形を有する周期的な信号である。スイッチ S 2 は、PWM 信号 206 によりオンおよびオフされる。あるいはまた PWM 信号 206 は、明示的なランプ信号なしでデジタル回路にて発生させることができる。基準となるランプ信号 Ramp 1 が与えられると、PWM 信号 206 の PWM デューティ・サイクル D は、単に増幅器出力 V_{c_1} の DC レベルのみにより決定される。スイッチ S 2 がオンであるときに、LED 列 110 を通る LED 電流 I_{ON} がオンであると仮定する。LED 列 110 を通る平均 LED 電流

【 0019 】

【 数 1 】

 \bar{I}_{LED}

【 0020 】

は、LED 輝度に対応し、デューティ・サイクル D に亘って案分された I_{ON} の部分数である：

【 0021 】

【 数 2 】

$$\bar{I}_{LED} = I_{ON} \times D, \text{ ここで } 0 \leq D \leq 1 \quad \dots \text{ 式 1.}$$

【 0022 】

LED の輝度を変化させてであれば、電流基準 CurRef. を調整することが可能である。その結果増幅器出力電圧 V_{c_1} のレベルは、増幅器 A m p 1 によって設定し直されることになり、従ってスイッチ S 2 の PWM デューティ・サイクルを変化させる。周波数補償ネットワーク Freq Comp 1 の低域濾波特性に依り、平均 LED 電流

【 0023 】

【 数 3 】

 \bar{I}_{LED}

【 0024 】

が基準となる電流コマンド CurRef. に合致するまで、 V_{c_1} は定常状態に安定せず、そして従って制御精度が達成される。そのうえ、 V_{c_1} の安定する迄の時間（定常状態に）は、スイッチ S 2 のスイッチング周波数の数サイクルくらい短くすることが可能であり、これは従来型 LED ドライバーからは顕著な速度的改善である。このように、第 1 のフィードバック・ループ (Loop 1) は、高速にて LED 電流を制御することを可能にする。

【 0025 】

< 第 2 のフィードバック・ループ (Loop 2) の動作 >

ブースト変換器 100 の出力電圧 V_{out} は、スイッチ S 2 がオンであるときに LED 列 110 を通して十分な電流が流れるように、十分高くバイアスをかけられる。他方では、LED の電流および電圧の間の指数的関係の故に他方では、LED の順方向電圧よりも高い出力電圧 V_{out} を有することは、デバイスに過度のストレスをもたらすことになり、望ましくない。第 2 のフィードバック・ループ (Loop 2) は、出力電圧 V_{out} に対して最適のバイアスをかけるために特に設計されている。

【 0026 】

上で述べられたように、増幅器出力電圧 V_{c_1} はスイッチ S 2 のデューティ・サイクル

10

20

30

40

50

を決定する。第2のフィードバック・ループ(Loop 2)においては、増幅器出力電圧 V_{c_1} は増幅器Amp 2の入力にまた、供給される。増幅器Amp 2への他方の入力は、予め定められた基準となるデューティ・サイクル値、DC Refである。 V_{c_1} およびDC Refの間の差分は、周波数補償ネットワークFreq Comp 2による適切な周波数補償を伴って、増幅器Amp 2によって増幅される。増幅器Amp 2の出力電圧 V_{c_2} は、別の周期的ランプ信号Ramp 2と比較され、PWM制御信号208を発生させてスイッチS1のオン/オフのデューティ・サイクルを制御する。 V_{c_1} またはDC Refの何れかに変化があるなら、増幅器Amp 2が V_{c_2} を調整し、スイッチS1のデューティ・サイクルが、ブースト電力変換器100の出力電圧Voutに異なったレベルにてバイアスをかけるようにする。 V_{out} 上の僅かな変化は、ダイオード電流 I_{ON} について顕著な調整を引き起こす可能性があり、これが次に、増幅器出力電圧 V_{c_1} を変化させる。周波数補償ネットワークFreq Comp 2は、増幅器出力電圧 V_{c_1} が定常状態にてDC Refに安定することを確実にするように設計されている。またLoop 1のように、Loop 2の構成要素もデジタル回路により実施することができる。

【0027】

安定する迄の時間に関しては、第2のフィードバック・ループ(Loop 2)は、第1のフィードバック・ループ(Loop 1)より多くの構成要素を含む。これらの構成要素、特にBoost変換器電力段階100におけるものは、ループの動的応答をかなり低下させる。その結果、第2のフィードバック・ループ(Loop 2)のクロスオーバー周波数は、第1のフィードバック・ループ(Loop 1)のクロスオーバー周波数よりはるかに低くなる。これらの2つのフィードバック・ループは異なった周波数領域にて設計されており、Loop 1により高速の負荷応答を、およびLoop 2によりシステム安定性を、それぞれ達成する。それぞれのフィードバック・ループによって別々に提供される高速の負荷応答(Loop 1)およびシステム安定性(Loop 2)を有する、2つの別々のフィードバックを提供することにより、安定性・高速性のトレードオフに対する必要性を取り除く。言い換えれば従来型LEDドライバーと異なって、本発明のLEDドライバーにより、高速の負荷応答および安定的出力バイアスの両方を、達成することができる。

【0028】

出力バイアスの最適性は、スイッチS2に対する必要とされるデューティ・サイクルを表すDC Refの選択からもたらされる。ループ動態およびLED調光範囲の両方の観点からこれを理解することが可能である。

【0029】

ループ動態からは、電力変換器出力電圧Voutは、調光制御が要求するほど高速には変化させることはできない。CurRef.が更新されるたびに、どちらかというと一定のVoutの条件下にて、スイッチS2のデューティ・サイクルDに対して迅速な調整をなし、新しい輝度設定に適合させるのは、第1のフィードバック・ループ(Loop 1)である。スイッチS2のデューティ・サイクルDはしたがって、LED輝度に比例する。スイッチS2のデューティ・サイクルDに対する最大値は1(100%)であるため、瞬時的DC Ref.は、以下のように選択されるべきである：

【0030】

【数4】

$$D \leq \frac{CurRef.}{\max(CurRef.)} \quad \dots \text{式2}.$$

【0031】

ここで、 $\max(CurRef.)$ は最大の可能なCurRef.であり、アプリケーション毎に決定される。

【0032】

デューティ・サイクルDがCurRef. / $\max(CurRef.)$ より大で、およびさらに続いてCurRef.がその最大のレベルまで増大すると、デューティ・サイク

10

20

30

40

50

ルが 100 % にて飽和することになるため、LED110 を通る電流は、新しいコマンドに応答することができないことになる。しかしながら調光範囲の観点からは、LED の最高および最低（完全な遮断の前）の輝度の間の比率を最大にすることが望まれる。最低の輝度は、スイッチ S2 の最小のデューティ・サイクルに対応しており、最小のデューティ・サイクルは有限の立ち上がりおよび立ち下がり時間などの実施方法上の制約により制限される。そして LED の調光範囲を最大にすることは、スイッチ S2 のデューティ・サイクルを最大にすることと等価になる。したがって式 2 と結合すると、スイッチ S2 の最適なデューティ・サイクル D_{opt} は式 3 となる：

【0033】

【数 5】

$$D_{opt} = \frac{CurRef}{\max(CurRef)} \quad \dots \dots \text{式3。}$$

【0034】

式 3 より大の何れの値も、閉フィードバック・ループ（Loop1）を飽和させ、そして式 3 より小の何れの値も、LED の調光範囲を浪費し、そしてデバイスに過度のストレスをもたらすことになる。実用的な設計においては、 D_{opt} は、パラメータ変動および製作許容誤差のため、式 3 の値のわずか下で選択することができる。

【0035】

要約すれば、本発明による LED ドライブの技法は、2 つの別々の連動したフィードバック・ループ、1 つは LED 電流の制御、そしてもう 1 つは電力変換器の出力電圧の制御、の使用を通して高速性および強固な安定性を同時に達成する。本発明の LED ドライブの技法はまた、最大の調光範囲および最小のデバイスへのストレスを実現する最適な出力バイアス方式を提供する。LED ドライバーへのスイッチ S2 の付加は、構成要素数および費用においては単に微増であり、さらにこのスイッチ S2 はまた必要なら、LED を完全に停止させるために使用することができる。ブースト LED ドライバーは、LED 列 110 に直列に接続されたスイッチ S2 なしでは、LED 列 110 を完全にオフにすることはできない。

【0036】

図 3 は、本発明の第 2 の実施形態による LED ドライバーを例証する。図 3 において示される第 2 の実施形態は、複数の LED 列（例えば、図 3 の例における 2 つの LED 列）の並列的ドライブを可能にする。図 3 において示される第 2 の実施形態は、追加の LED 列 306、LED 列 306 に直列に接続されたスイッチ S3、第 3 のフィードバック制御回路 304、電流感知器 312、および自己選択性大きさ比較器 302 が加えられていることを除き、図 2 に示された第 1 の実施形態と実質的に同じである。LED 列 306 は、LED 列 110 に並列に接続される。Boost 電力変換器 100、第 1 のフィードバック制御回路 202、および第 2 のフィードバック制御回路 204 は、図 2 における第 1 の実施形態により例証したものと実質的に同じである。Boost 電力変換器 100 の出力電圧 V_{out} は、両方の LED 列 110、306 に適用される。2 つの LED 列 110、306 はまた、それぞれ第 1 および第 3 のフィードバック制御回路 202、304 を通して、同じ電流基準 $CurRef$ を共有し、そしてしたがって同じ輝度を持つように設計される。第 3 のフィードバック制御回路 304 は、増幅器 Amp3、周波数補償ネットワーク FreqComp3、および比較器 Comp3 を含む。

【0037】

図 3 の第 2 の実施形態におけるフィードバック回路は、3 つの連動した閉フィードバック・ループ、Loop1、Loop2、および Loop3 を含む。第 1 のフィードバック・ループ（Loop1）は、電流感知器 210、増幅器 Amp1、周波数補償ネットワーク FreqComp1、および比較器 Comp1 を含む、フィードバック制御回路 202 からの構成要素を含む。第 1 のフィードバック・ループ（Loop1）は、電流感知器 210 を使用してダイオード 110 を通る電流を感知し、そして制御信号 206 を通してス

10

20

30

40

50

イッチ S 2 のデューティ・サイクルを制御する。第 3 のフィードバック・ループ (Loop 3) は、電流感知器 312、増幅器 Amp 3、周波数補償ネットワーク Freq Comp 3、および比較器 Comp 3 を含む、フィードバック制御回路 304 からの構成要素を含む。第 3 のフィードバック・ループ (Loop 3) は、電流感知器 312 を使用して LED 306 を通る電流を感知し、そして第 1 のフィードバック・ループ (Loop 1) と同様に、制御信号 316 を通してスイッチ S 3 のデューティ・サイクルを制御する。

【0038】

第 2 のフィードバック・ループ (Loop 2) は、電流感知器 210、312、増幅器 Amp 1、Amp 2、Amp 3、比較器 Comp 2、および周波数補償ネットワーク Freq Comp 1、Freq Comp 2、および Freq Comp 3 を含む、3 つのすべてのフィードバック回路 202、304、204 からの構成要素を含む。第 2 のフィードバック・ループ (Loop 2) は、増幅器 Amp 1 および Amp 3 の出力を感知し、そして制御信号 208 を通してスイッチ S 1 のデューティ・サイクルを制御する。スイッチ S 2、S 3 のデューティ・サイクルは、制御ループ飽和を回避するための上限であることがあるため、スイッチ S 2、S 3 に対するデューティ・サイクルの大きい方が、第 2 のフィードバック・ループ Loop 2 における調整のために選択される。故に、自己選択性大きさ比較器 302 は、その入力信号 308、310 として、増幅器 Amp 1、Amp 3 の出力電圧 V_{c1} 、 V_{c3} を受信し、それらを比較し、2 つの信号 308、310 の、より大きい 1 つを選択し、そしてその出力として選択された信号 314 を出力する。出力信号 314、すなわち増幅器 Amp 1、Amp 3 の出力電圧 V_{c1} 、 V_{c3} のより大きい方は、増幅器 Amp 2 に入力される。増幅器 Amp 2 への他方の入力は、予め定められた基準となるデューティ・サイクル値、DC Ref. である。信号 314 および DC Ref. の間の差分は、周波数補償ネットワーク、Freq Comp 2 による適切な周波数補償を伴って増幅器 Amp 2 によって増幅される。図 2 の第 1 の実施形態と同様に、増幅器 Amp 2 の出力電圧 V_{c2} は、別の周期的ランプ信号 Ramp 2 と比較され、PWM 制御信号 208 を発生させ、スイッチ S 1 のオン / オフのデューティ・サイクルを制御する。

【0039】

並列ドライブの解決方法による従来型 LED ドライバーと比較すると、図 3 の第 2 の実施形態の利点は顕著である。第 1 に図 3 の第 2 の実施形態は、LED ドライバーに電力部品、または余計な大きさを追加するものではない。第 2 に図 3 の第 2 の実施形態は、Boost 変換器を DCM (Discontinuous Conduction Mode、不連続伝導モード)、または他の何れかの特定の動作モードに限定するものではない。第 3 に図 3 の第 2 の実施形態の制御精度は、精度が限定される、デバイス整合 (どちらかというと比率的にはより大) および開ループ推定に依存する従来型電流ミラーまたは逐次的照明法によるよりむしろ、LED 電流の直接感知、および閉ループのフィードバック制御により保証される。最後に図 3 の第 2 の実施形態による電力効率は、従来型電流ミラーの解決方法より高い。上で説明されたように、それぞれの電流ミラーの分岐は、その対応する LED 列および最大の順方向電圧降下を有する LED 列の間の順方向電圧差を支援する必要があるため、電流ミラーは低能率に苦しむことになる。図 3 の第 2 の実施形態においてはこの問題は、そのような順方向電圧差が、そのそれぞれのフィードバック制御ループ、Loop 1 および Loop 3 によって LED 列の間のデューティ・サイクルの差分に変換されるため、克服される。スイッチング・デバイスにかかるオン状態電圧は、理想的にはゼロであるため、特に LED 列の電圧不整合が大きいときには、効率に関してここで得るものは相当程度である可能性がある。

【0040】

図 4 は、本発明の第 3 の実施形態による LED ドライバーを例証する。図 3 の第 2 の実施形態の並列ドライブ方式を拡張して、3 つの色、RGB (Red - Green - Blue、赤 - 緑 - 青) での異なる輝度が必要とされる場合には、この 3 つの色を有する LED をドライブすることができる。図 4 において示される第 3 の実施形態は、それぞれ Red、Green、および Blue に対応する 3 つの LED 列の並列なドライブを可能にする

10

20

30

40

50

。図4において示される第3の実施形態は、追加のLED列406、LED列406に直列に接続されたスイッチS4、第4のフィードバック制御回路404、電流感知器414、および自己選択性大きさ比較器402が加えられていることを除き、図3に示された第2の実施形態と実質的に同じである。Boost電力変換器100、第1のフィードバック制御回路202、第2のフィードバック制御回路204、および第3のフィードバック制御回路304は、図3における第2の実施形態により例証されたものと実質的に同じである。Boost電力変換器100の出力電圧 V_{out} は、LED列110、306、406に適用される。図3の第2の実施形態と異なって、それぞれの色(赤、緑、および青)に対して異なった輝度でこれらをドライブできるように、3つのLED列110、306、406は、それぞれ別々の電流基準 CR_{red} 、 CR_{green} 、および CR_{blue} (異なった値を持つことが可能)を有し、それぞれ第1、第3、および第4のフィードバック制御回路202、304、404に適用される。第4のフィードバック制御回路の404は、増幅器 Amp 4、周波数補償ネットワーク $FreqComp$ 4、および比較器 $Comp$ 4を含む。
10

【0041】

図4の第3の実施形態におけるフィードバック回路は、4つの連動した閉フィードバック・ループ、Loop1、Loop2、Loop3、およびLoop4を含む。第1のフィードバック・ループ(Loop1)は、電流感知器210、増幅器 Amp 1、周波数補償ネットワーク $FreqComp$ 1、および比較器 $Comp$ 1を含む、フィードバック制御回路202からの構成要素を含む。第1のフィードバック・ループ(Loop1)は、電流感知器210を使用してLED110を通る電流を感知し、そして制御信号206を通して電流基準 CR_{red} によりスイッチS2のデューティ・サイクルを制御する。第3のフィードバック・ループ(Loop3)は、電流感知器312、増幅器 Amp 3、周波数補償ネットワーク $FreqComp$ 3、および比較器 $Comp$ 3を含む、フィードバック制御回路304からの構成要素を含む。第3のフィードバック・ループ(Loop3)は、第1のフィードバック・ループLoop1と同様に、電流感知器312を使用してLED306を通る電流を感知し、そして制御信号316を通して電流基準 CR_{green} によりスイッチS3のデューティ・サイクルを制御する。第4のフィードバック・ループ(Loop4)は、電流感知器414、増幅器 Amp 4、周波数補償ネットワーク $FreqComp$ 4、および比較器 $Comp$ 4を含む、フィードバック制御回路404からの構成要素を含む。第4のフィードバック・ループ(Loop4)は、第1および第3のフィードバック・ループ、Loop1およびLoop3と同様に、電流感知器414を使用してLED406を通る電流を感知し、そして制御信号418を通して電流基準 CR_{blue} によりスイッチS4のデューティ・サイクルを制御する。
20
30

【0042】

第2のフィードバック・ループ(Loop2)は、電流感知器210、312、414、増幅器 Amp 1、 Amp 2、 Amp 3、 Amp 4、周波数補償ネットワーク $FreqComp$ 1、 $FreqComp$ 2、 $FreqComp$ 3、および $FreqComp$ 4、ならびに比較器 $Comp$ 2を含む、4つのすべてのフィードバック回路202、304、404、204からの構成要素を含む。第2のフィードバック・ループ(Loop2)は、増幅器 Amp 1、 Amp 3、および Amp 4の出力電圧を感知し、そして制御信号208を通してスイッチS1のデューティ・サイクルを制御する。スイッチS2、S3、S4のデューティ・サイクルは、制御ループ飽和を回避するための上限であることがあるため、スイッチS2、S3、S4に対するこれらそれぞれの電流基準に対するデューティ・サイクルの最大のものが、第2のフィードバック・ループ(Loop2)における調整のために選択される。故に、自己選択性大きさ比較器402は、その入力信号408、410、412として、それぞれの電流基準 CR_{red} 、 CR_{green} 、および CR_{blue} と共に、増幅器 Amp 1、 Amp 3、 Amp 4の出力電圧 V_{c1} 、 V_{c3} 、 V_{c4} (それぞれスイッチS2、S3、およびS4のデューティ・サイクルDを表す)を受信し、そして3つの信号408、410、412の内の、これらのデューティ・サイクル対それらのそれ
40
50

その電流基準信号の最大の比率(すなわち $\max(D / \text{CurRef})$)に関連付けられた1つをその出力信号416として選択する。これは単にここで電流基準がLED列110、306、406の間で異なるからである。出力信号416は、増幅器Amp2に入力される。増幅器Amp2への他方の入力は、予め定められた基準となるデューティ・サイクル比、 D / CurRef である。信号416および D / CurRef の間の差分は、周波数補償ネットワーク、FreqComp2による適切な周波数補償を伴って増幅器Amp2によって増幅される。図2および図3の第1および第2の実施形態と同様に、増幅器Amp2の出力電圧 V_{c_2} は、別の周期的ランプ信号Ramp2と比較され、PWM制御信号208を発生させ、スイッチS1のオン/オフのデューティ・サイクルを制御する。

10

【0043】

図5は、本発明の一実施形態による周波数補償ネットワークの一例を例証する。図2、図3、および図4の実施形態によるように、周波数補償ネットワーク500は、片端510が増幅器502の1つの入力に接続され、かつ他端512が増幅器502の出力に接続され、増幅器502に接続されて示される。例えば周波数補償ネットワーク500は、図2、図3、および図4においてFreqComp1として示されるものであることができ、そして増幅器502は、図2、図3、および図4においてAmp1として示されるものであることができる。図5はまた、FreqComp2-Amp2、FreqComp3-Amp3、およびFreqComp4-Amp4などの、図2、図3、および図4において示された他の周波数補償ネットワーク-増幅器の組み合わせを表すこともできる。周波数補償ネットワーク500は、コンデンサー506に直列に接続された抵抗器508、および抵抗器508-コンデンサー506の組み合わせに並列に接続されたコンデンサー504を含む。周波数補償ネットワーク500は、増幅器502の2つの入力の間の差分の低周波での積分器として機能し、DCの正確性およびシステム安定性を可能とする。

20

【0044】

図6は、本発明の一実施形態による、図3において示された大きさ比較器302の一例を例証する。この例の大きさ比較器302は、ダイオードOR回路であるが、他の型の大きさ比較器を使用することができる。大きさ比較器302は、互いに並列に接続されたダイオード602、604、およびダイオード602、604のカソードに接続された抵抗器608を含む。ダイオード602、604は、信号308、310を受信し、そして信号308、310の内で抵抗器608にかかるその出力電圧314として大きい電流が印加される方を選択する。

30

【0045】

図7Aは、本発明の一実施形態による図4において示された大きさ比較器の一例を例証する。図4において示された大きさ比較器402として図7Aの大きさ比較器700を使用することができる。大きさ比較器700は、その入力信号408、410、412として関連付けられたスイッチS2、S3、S4のデューティ・サイクルを表す、増幅器Amp1、Amp3、Amp4の出力電圧、 V_{c_1} 、 V_{c_3} 、 V_{c_4} を受信する。除算器702、704、706は、信号408、410、412を、それぞれ赤、緑、および青に対応する必要とされる電流レベルを表す、CRed、CGreen、CRblueにより除し、それぞれ赤、緑、および青に対応するデューティ・サイクルの電流基準に対する比率(D / CurRef)を表す信号708、710、712を発生させる。比較器714は、信号708、710、712を比較し、そして3つの信号708、710、712の内の最大の1つ、すなわちデューティ・サイクルのそれぞれの電流基準信号に対する最大の比率を有する信号($\max(D / \text{CurRef})$)、をその出力信号416として選択する。LEDの平均電流がその輝度に比例すると仮定して、図7Aにおける回路は、LED列110、306、406の何れが、デューティ・サイクル対輝度の比が最大であるか、を特定する。デューティ・サイクルが高く、電流が低いなら、それぞれのLED列110、306、406の局所電流ループ(Loop1、Loop3、またはLoop4)が飽和しないように、第2のフィードバック・ループ(Loop2)の残りがLEDドライ

40

50

バー 1 0 0 の出力電圧を再調整する。

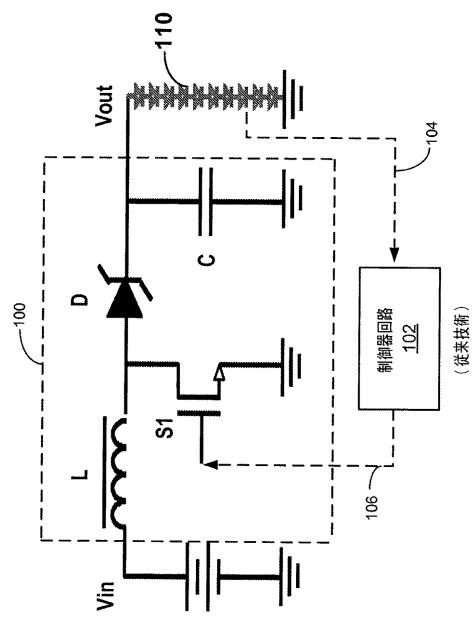
【 0 0 4 6 】

図 7 B は、本発明の別の実施形態による、デジタル・ドメインにおいて実施された、図 4 において示された大きさ比較器の一例を例証する。図 4 において示された大きさ比較器 4 0 2 として、図 7 B の大きさ比較器 7 5 0 をまた、使用することができる。上の図 7 A の大きさ比較器 7 0 0 は、平均 L E D 電流および L E D 輝度の間の線形関係を仮定する。しかしながらある場合には、平均 L E D 電流および L E D 輝度の間の関係は線形でない場合がある。図 7 B の大きさ比較器 7 5 0 は、L E D 電流および L E D 輝度の間の対応付けを格納する L U T (L o o k - U p T a b l e 、ルックアップ表) 7 5 6 の使用により、その対応付けが線形であるか否かにかかわらず、平均 L E D 電流および L E D 輝度の間で可能な何れの非線形性にも適応する。L U T 7 5 6 は、基準となる電流 C R r e d 、 C R g r e e n 、および C R b l u e を受信し、そしてそこに格納された対応付けを使用して、比較器 7 5 8 に向けて、それぞれの L E D 列 1 1 0 、 3 0 6 、 4 0 6 に対して、必要とされるデューティ・サイクル (D C r e d * 、 D C g r e e n * 、 D C b l u e *) を選択し、そして出力する。比較器 7 5 8 はまた、図 7 A において例証された、除算器 7 0 2 、 7 0 4 、 7 0 6 および比較器 7 1 4 の組み合わせと同様に、その入力信号 4 0 8 、 4 1 0 、 4 1 2 として、関連のスイッチ S 2 、 S 3 、 S 4 のデューティ・サイクルを表す、増幅器 A m p 1 、 A m p 3 、 A m p 4 の出力電圧、 V c 1 、 V c 3 、 V c 4 を受信し、そしてその出力信号 4 1 6 として、実際の要求に対するデューティ・サイクル比の内で最大のもの (m a x (D C / D C *)) を出力する。第 2 のフィードバック・ループ (L o o p 2) の残りの部分は、(i) 局地的飽和を回避するために何らかの設計余裕を有し、最大の D C / D C * 比率は 1 単位 (1) より小、および (i i) 最大 D C / D C * は、 1 単位よりあまり大きくは下回らず、 L E D 調光範囲が最大にされる、ことを確実にする。

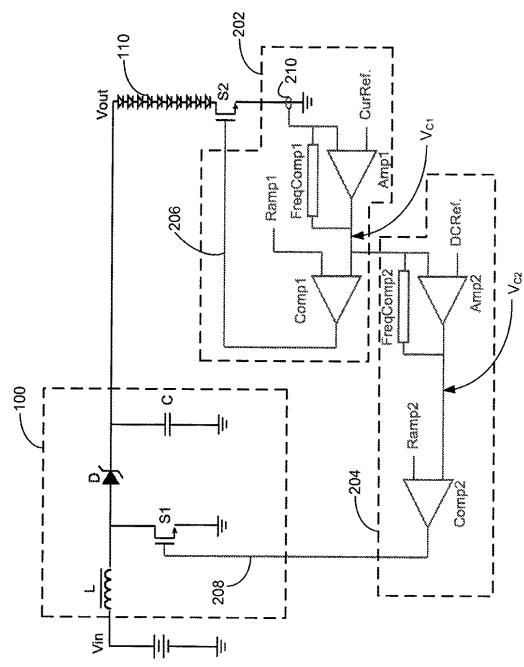
【 0 0 4 7 】

この開示を読む際に、複数のフィードバック制御ループを有する L E D ドライバーに対するさらなる追加的代替設計を、当業者は認識するであろう。このように、本発明の特定の実施例およびアプリケーションが例証されそして説明されてきたが、本発明は、本明細書に開示された精密な構成および構成要素に限定されるものでなく、そして付加された請求の範囲において定義された本発明の精神および範囲から逸脱することなく、本明細書に開示された本発明の配置、動作、ならびに方法および装置の詳細において、当業者にとって明らかとなるさまざまな修正、変更、および変動を、為すことができること、が理解されるべきである。

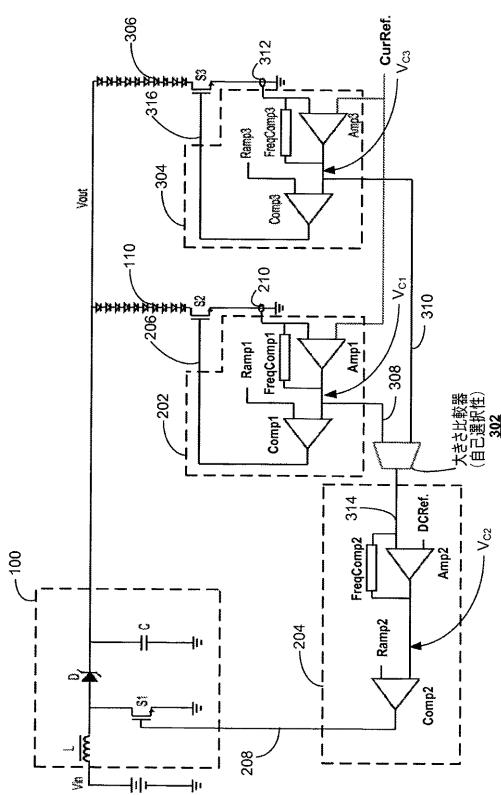
【図1】



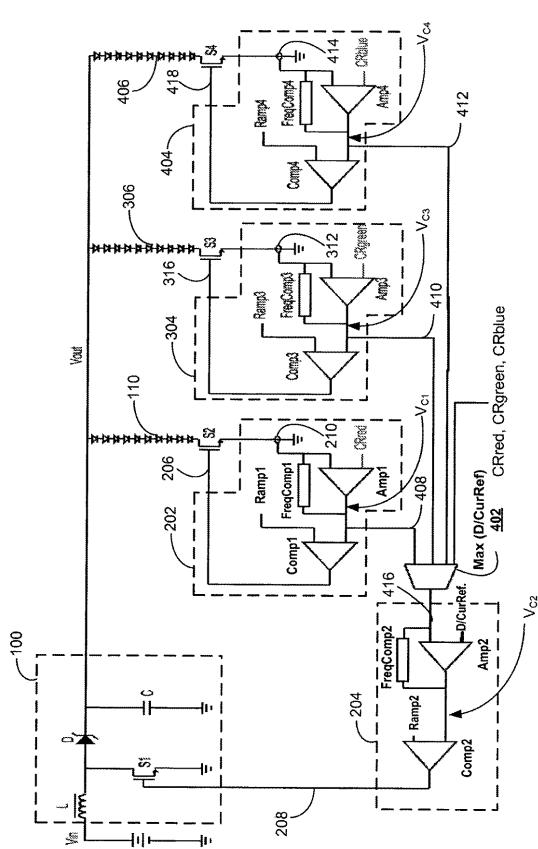
【図2】



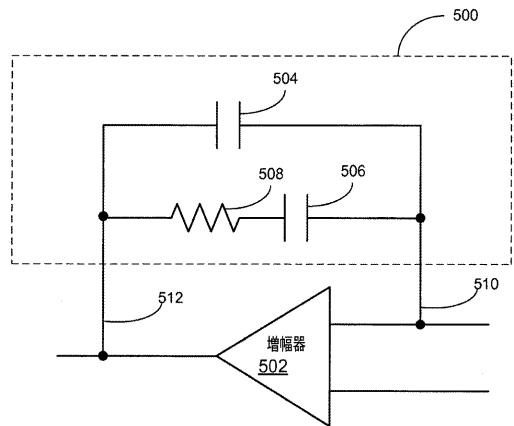
【図3】



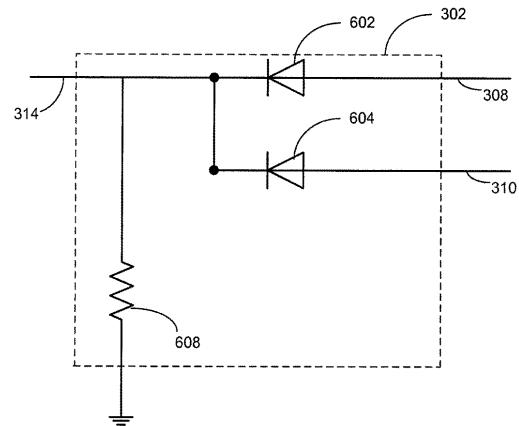
【図4】



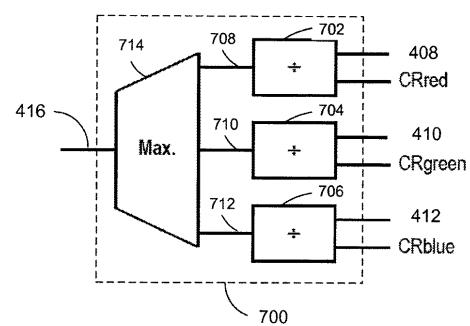
【図5】



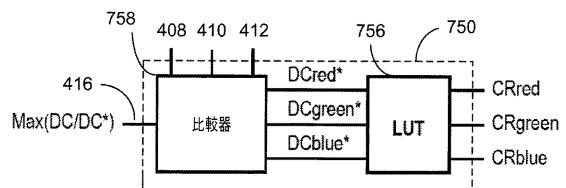
【図6】



【図7 A】



【図7 B】



フロントページの続き

(72)発明者 ジエン ジュンジエ

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

審査官 三島木 英宏

(56)参考文献 米国特許第07071630(US, B1)

国際公開第2007/071033(WO, A1)

特開平11-171497(JP, A)

登録実用新案第3141527(JP, U)

特開2006-340471(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05B 37/02

B60Q 1/00

H02M 3/155