

概要

LC5710S は、パワー-MOSFET と制御 IC を 1 パッケージにした、高効率な LED ドライバです。

本製品は、降圧、昇圧、昇降圧方式の LED ドライバ回路を構成できます。

充実した保護機能を搭載しており、構成部品が少なく、コストパフォーマンスの高い電源システムを容易に構成できます。

パッケージ

SOP8



原寸大ではありません

特長

- 降圧、昇圧、昇降方式
- 高効率 $\eta > 90\%$ (typ.)
- $I_{LED} = 1.0 \text{ A}$ (max.)
- $f_{OSC} = 100 \text{ kHz} \sim 500 \text{ kHz}$ (外部可変)
- 高精度な電流設定 $V_{CS} = 100 \text{ mV} \pm 3\%$
- 高精度な調光制御
PWM : 20 kHz
DC : 0.2 V ~ 2 V
- 保護機能
過電流保護 (OCP) : パルス・バイ・パルス
過電圧保護 (OVP) : 自動復帰
過熱保護 (TSD) : 自動復帰
LED 誤配線保護

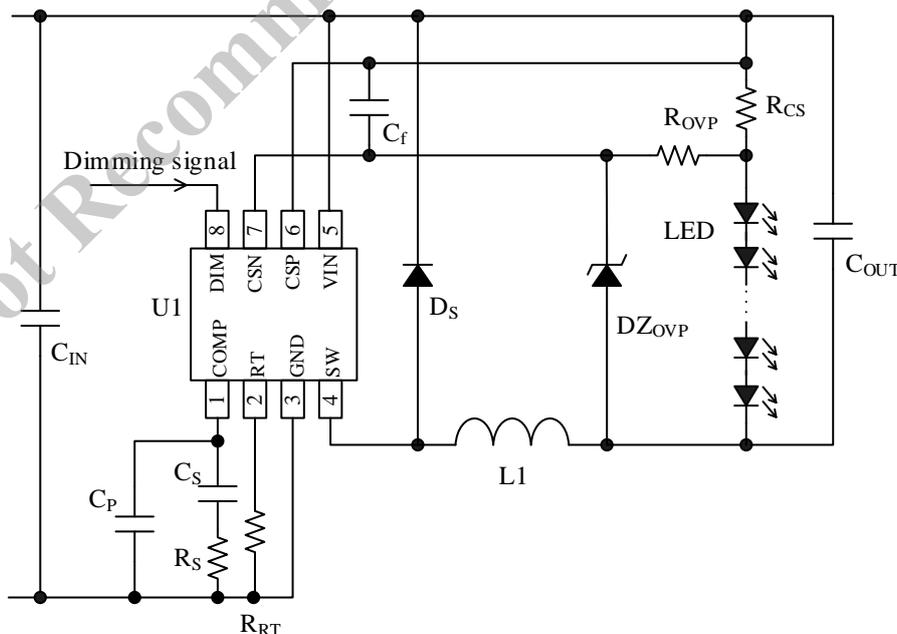
代表特性

- 電源電圧範囲 : 5 V ~ 58 V
- オン抵抗 $R_{DS(ON)}$: 550 m Ω (typ.)

アプリケーション

- LED 照明
- LCD 電球

応用回路例 (降圧方式)



目次

| | |
|---|----|
| 概要 | 1 |
| 目次 | 2 |
| 1. 絶対最大定格 | 3 |
| 2. 推奨動作条件 | 3 |
| 3. 電気的特性 | 4 |
| 4. ブロックダイアグラム | 5 |
| 5. 各端子機能 | 5 |
| 6. 応用回路例 | 6 |
| 7. 外形図 | 8 |
| 8. 捺印仕様 | 9 |
| 9. 動作説明 | 10 |
| 9.1 PWM 電流制御 | 10 |
| 9.2 LED 調光 | 10 |
| 9.2.1 アナログ調光 | 10 |
| 9.2.2 デジタル調光 | 11 |
| 9.3 LED オン/オフ機能 | 12 |
| 9.4 過電流保護機能 (OCP) | 12 |
| 9.5 過電圧保護機能 (OVP) | 12 |
| 9.6 LED 誤配線保護 | 13 |
| 9.7 過熱保護機能 | 14 |
| 9.8 回路方式の選択 | 14 |
| 9.9 外付けインダクタの設定 | 15 |
| 9.10 許容損失 P_D の計算 | 17 |
| 9.10.1 制御回路の損失 P_{CONT} | 17 |
| 9.10.2 パワーMOSFET のスイッチング時間 | 17 |
| 9.10.3 パワーMOSFET のスイッチング損失 P_{SW} | 18 |
| 9.10.4 パワーMOSFET のオン損失 P_{ON} | 18 |
| 10. 設計上の注意点 | 19 |
| 10.1 熱減定格曲線 | 19 |
| 10.2 外付け部品 | 19 |
| 10.2.1 インダクタ (L_1) | 19 |
| 10.2.2 ダイオード (D_S) | 19 |
| 10.2.3 電流検出抵抗 (R_{CS}) | 19 |
| 10.2.4 入力コンデンサ (C_{IN}) | 19 |
| 10.2.5 出力コンデンサ (C_{OUT}) | 19 |
| 10.2.6 位相補償回路 (R_S , C_S , C_P) | 19 |
| 10.2.7 周波数設定抵抗 (R_{RT}) | 19 |
| 10.3 位相補償 (COMP 端子) | 20 |
| 10.4 パターン設計 | 21 |
| 11. パターンレイアウト例 | 24 |
| 12. 代表特性例 | 26 |
| 注意書き | 32 |

1. 絶対最大定格

電流値の極性は、IC を基準にして流入（シンク）を“+”、流出（ソース）を“-”と規定します。
特記がない場合の条件は $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ です。

| 項目 | 記号 | 端子 | 条件 | 規格値 | 単位 |
|--------------------------|----------------------|-----|----------------|-----------|------|
| VIN 端子電圧 | V _{IN} | 5-3 | | -0.3~60.0 | V |
| SW 端子電圧 | V _{SW} | 4-3 | | -0.3~60.0 | V |
| CSP 端子電圧 | V _{CSP} | 6-3 | | -0.3~60.0 | V |
| CSN 端子電圧 | V _{CSN} | 7-3 | | -0.3~60.0 | V |
| CSP/CSN 端子差動電圧 | V _{CSP_CSN} | 6-7 | | -0.3~3.3 | V |
| COMP 端子電圧 | V _{COMP} | 1-3 | | -0.3~3.3 | V |
| DIM 端子電圧 | V _{DIM} | 8-3 | | -0.3~3.3 | V |
| RT 端子電圧 | V _{RT} | 2-3 | | -0.3~3.3 | V |
| 許容損失 ⁽¹⁾ | P _D | — | ⁽²⁾ | 1.2 | W |
| ジャンクション-GND 端子間熱抵抗 | θ_{J-L} | — | | 59.0 | °C/W |
| ジャンクション-周囲間熱抵抗 | θ_{J-A} | — | | 82.8 | °C/W |
| ジャンクション温度 ⁽³⁾ | T _J | — | | 125 | °C |
| 動作周囲温度 | T _{OP} | — | | -40~125 | °C |
| 保存温度 | T _{STG} | — | | -40~150 | °C |

2. 推奨動作条件

電流値の極性は、IC を基準にして流入（シンク）を“+”、流出（ソース）を“-”と規定します。
特記がない場合の条件は $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ です。

| 項目 | 記号 | Min. | Max. | 単位 | 備考 |
|-----------------------|------------------|-----------------------|-------|----|-------------------------|
| 入力電圧範囲 | V _{IN} | 5 | 58 | V | |
| 出力電流範囲 ⁽⁴⁾ | I _O | 0 | 1 | A | 降圧方式 ⁽⁵⁾ |
| | | 0 | 0.5 | A | 昇圧/昇降圧方式 ⁽⁶⁾ |
| DIM 端子電圧 | V _{DIM} | V _{DIM(OFF)} | 2.5 | V | アナログ調光 |
| DIM 端子調光周波数 | f _{DIM} | 100 | 20000 | Hz | PWM デジタル調光 |
| インダクタリプル電流 | ΔI_L | 0.1 | 0.4 | A | |
| 動作周囲温度範囲 | T _{OP} | -40 | 85 | °C | |

(1) ジャンクション温度で制限されます

(2) ガラスエポキシ基板 40 mm × 40 mm（銅箔エリア 25 mm × 25 mm）実装時

(3) 過熱保護検出温度は約 150 °C です

(4) 図 10-1 熱減定格曲線の範囲内で使用してください。

(5) 降圧方式の場合は $I_O \leq 1\text{ A}$ 、 $\Delta I_L \leq 0.4\text{ A}$ の範囲で使用してください。

(6) 昇圧/昇降圧方式は、 $I_O \leq 0.5\text{ A}$ 、 $\Delta I_L \leq 0.4\text{ A}$ の範囲で使用してください。

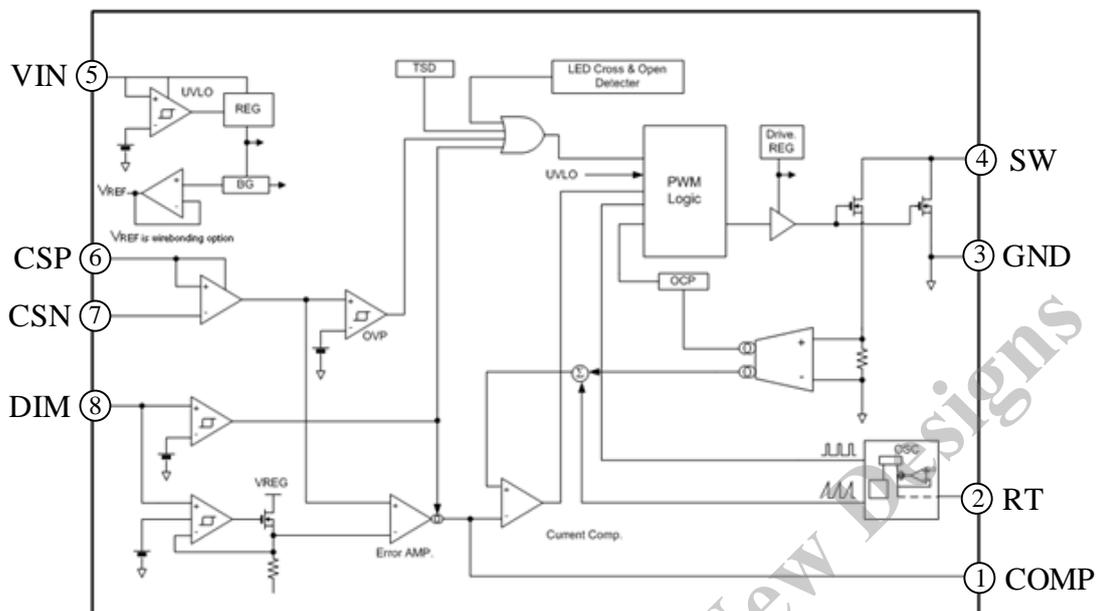
3. 電気的特性

電流値の極性は、IC を基準にして流入（シンク）を“+”、流出（ソース）を“-”と規定します。
特記がない場合の条件は $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 15\text{ V}$ です。

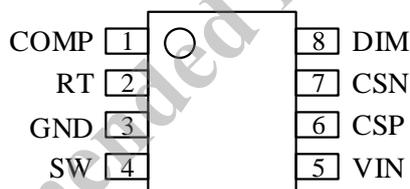
| 項目 | 記号 | 端子 | 測定条件 | Min. | Typ. | Max. | 単位 |
|---------------------|----------------|-----|---|------|------|------|------------------|
| 動作開始電源電圧 | $V_{IN(ON)}$ | 5-3 | | 3.8 | 4.1 | 4.5 | V |
| 動作停止電源電圧 | $V_{IN(OFF)}$ | 5-3 | | 3.4 | 3.7 | 4.2 | V |
| 動作開始停止ヒステリシス | $V_{IN(HYS)}$ | 5-3 | | 0.25 | 0.37 | 0.50 | V |
| 動作時回路電流* | $I_{IN(ON)}$ | 5-3 | | — | 1.6 | — | mA |
| 停止時回路電流* | $I_{IN(OFF)}$ | 5-3 | $V_{IN} = 3\text{ V}$ | — | 0.24 | — | mA |
| 発振周波数 1 | f_{OSC1} | — | $R_{RT} = 110\text{ k}\Omega$ | 80 | 100 | 135 | kHz |
| 発振周波数 2 | f_{OSC2} | — | $R_{RT} = 18\text{ k}\Omega$ | 350 | 500 | 650 | kHz |
| 最小オン時間 | $t_{ON(MIN)}$ | — | $V_{COMP} = 0\text{ V}$ | 100 | 200 | 300 | ns |
| 最大オンデューティ | D_{MAX} | — | $V_{COMP} = 2.8\text{ V}$ | 84 | 90 | 95 | % |
| 電流検出しきい電圧 | V_{CS} | 6-7 | | 97 | 100 | 103 | mV |
| SW 端子制限電流 | $I_{SW(LIM)}$ | 4-3 | | 1.4 | 1.8 | 2.2 | A |
| CSP 端子電流 | I_{CSP} | 6-3 | | 22 | 35 | 50 | μA |
| CSN 端子電流 | I_{CSN} | 7-3 | | 5 | 9.5 | 15 | μA |
| COMP 端子流出電流 | $I_{COMP(SO)}$ | 1-3 | $V_{CS} = 20\text{ mV}$ $V_{COMP} = 2\text{ V}$ | -65 | -50 | -35 | μA |
| COMP 端子流入電流 | $I_{COMP(SI)}$ | 1-3 | $V_{CS} = 180\text{ mV}$ $V_{COMP} = 2\text{ V}$ | 35 | 50 | 65 | μA |
| 誤差増幅器コンダクタンス* | G_M | — | $V_{CS} = 50\text{ mV} \sim$ 150 mV | — | 4.8 | — | ms |
| 過電圧保護しきい電圧 | $V_{CS(OVP)}$ | 6-7 | | 140 | 150 | 160 | mV |
| ウォッチドッグタイマ 設定時間* | t_{WDT} | — | $V_{CS} = 0\text{ V}$ $V_{COMP} > 2.1\text{ V}$ | — | 30 | — | ms |
| LED オン時 DIM 端子電圧 | $V_{DIM(ON)}$ | 8-3 | | 0.17 | 0.20 | 0.23 | V |
| LED オフ時 DIM 端子電圧 | $V_{DIM(OFF)}$ | 8-3 | | 0.12 | 0.15 | 0.18 | V |
| DIM 端子ヒステリシス電圧 | $V_{DIM(HYS)}$ | 8-3 | | 10 | 50 | 100 | mV |
| 過熱保護動作温度* | T_{SD} | — | | — | 165 | — | $^\circ\text{C}$ |
| 過熱保護温度ヒステリシス* | $T_{SD(HYS)}$ | — | | — | 22 | — | $^\circ\text{C}$ |

* 設計保証値

4. ブロックダイアグラム



5. 各端子機能



| 端子番号 | 端子名 | 機能 |
|------|------|---|
| 1 | COMP | 位相補償端子。レギュレーション制御ループの補償用に、COMP 端子と GND 端子間に抵抗とコンデンサを直列に接続。必要に応じてコンデンサを並列に接続。 |
| 2 | RT | 周波数可変端子。RT 端子と GND 端子間に周波数設定抵抗 R_{RT} を接続。 |
| 3 | GND | グラウンド端子 |
| 4 | SW | 出力端子 |
| 5 | VIN | 電源入力端子。推奨入力電圧範囲は 5 V~58 V。IC にスイッチング電流を供給するため、VIN 端子と GND 端子間にコンデンサを接続。 |
| 6 | CSP | 電流検出入力の基準端子。電流検出抵抗 R_{CS} を接続。 |
| 7 | CSN | 電流検出負入力端子。過電圧保護抵抗 R_{OVP} を介して、検出抵抗 R_{CS} と LED ストリングのアノード側を接続。 |
| 8 | DIM | 調光信号入力端子。DC 電圧または PWM 信号を入力。DC 電圧の推奨入力範囲は $V_{DIM(OFF)} \sim 2.5$ V。PWM 信号の周波数の推奨範囲は、100 Hz~20 kHz。DIM 端子電圧が $V_{DIM(OFF)}$ 未満の場合、出力はオフになる。 |

6. 応用回路例

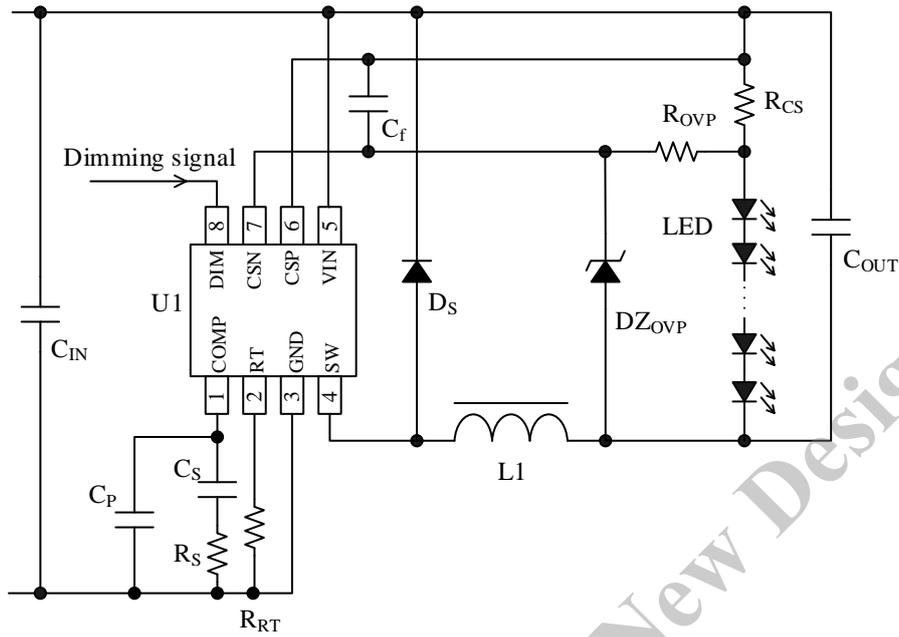


図 6-1 降压回路

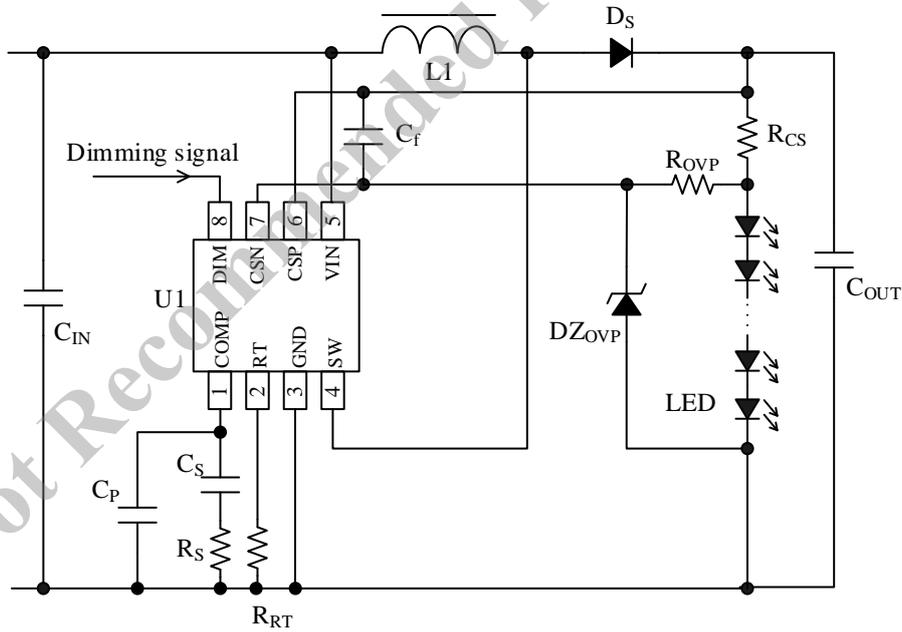


図 6-2 昇压回路

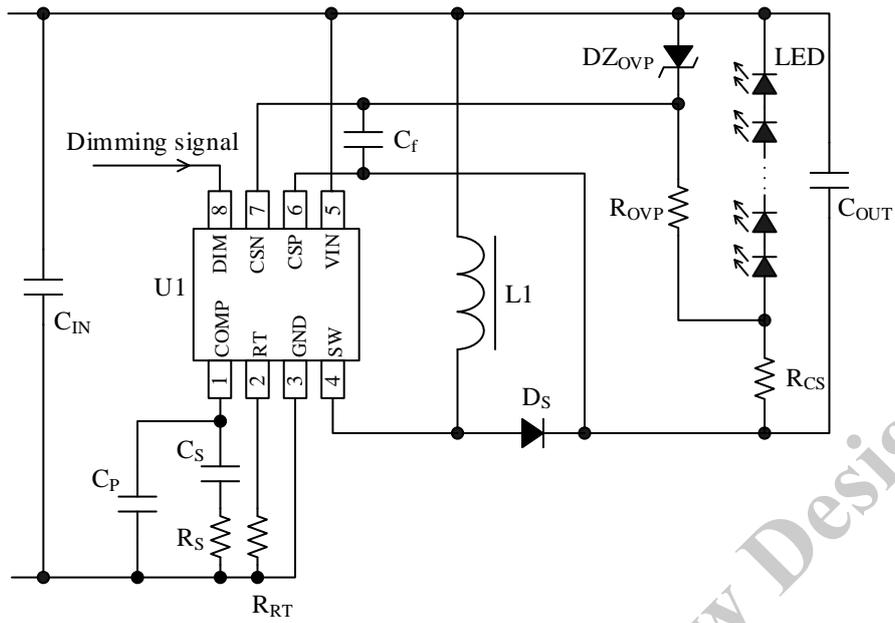


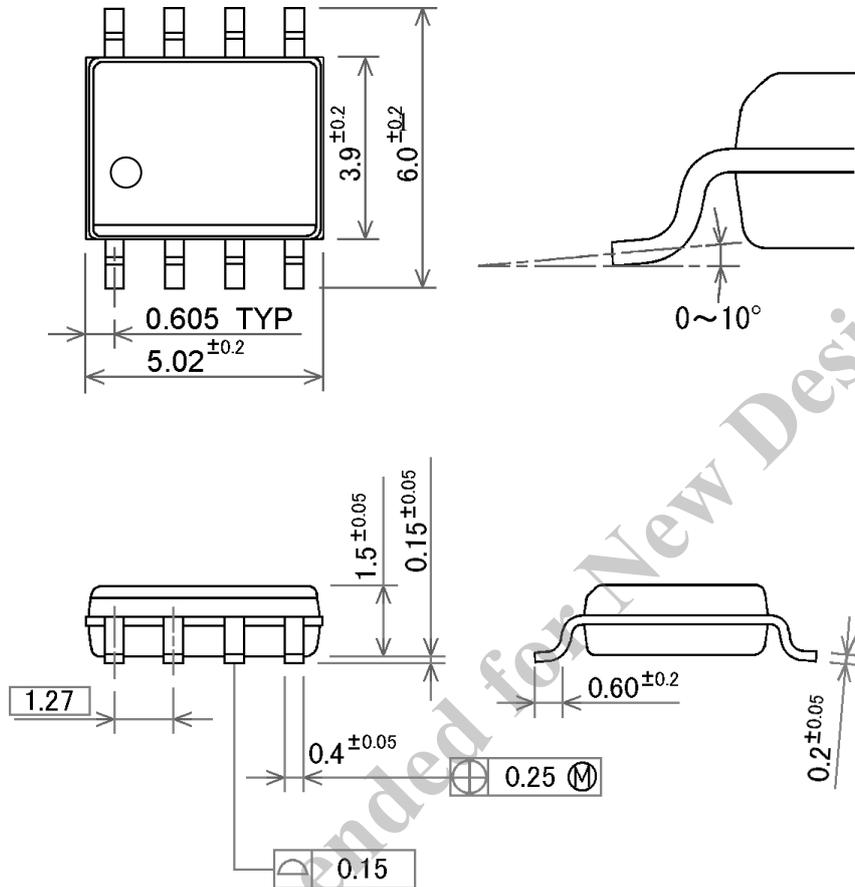
図 6-3 昇降圧回路

Not Recommended for New Designs

LC5710S

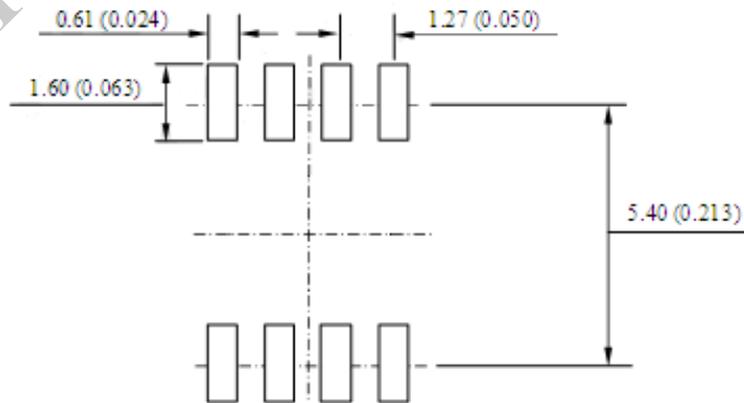
7. 外形図

- SOP8 パッケージ

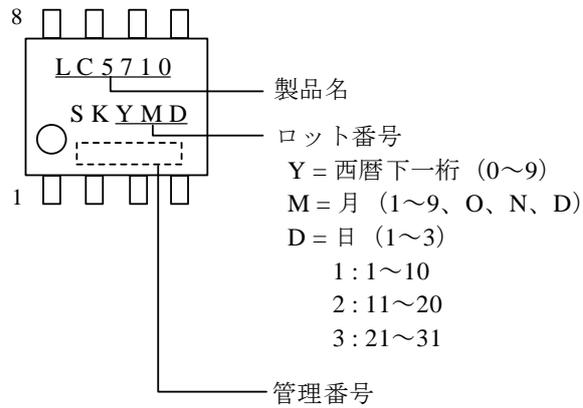


備考

- 単位 : mm
- Pb フリー品 (RoHS 対応)
- SOP8 ランドパターン例



8. 捺印仕様



Not Recommended for New Designs

9. 動作説明

本項では3項の電気的特性項目の記号と、6項の応用回路例の部品記号を使用しています。特記のない場合、特性数値はTyp.値を表記します。

9.1 PWM 電流制御

出力の定電流制御は、過渡応答および安定性に優れたピーク電流モードのPWM制御を使用しています。発振周波数 f_{OSC} は、RT 端子と GND 端子間に接続する抵抗 R_{RT} で、100 kHz~500 kHz の範囲に設定できます(図 9-1 参照)。発振周波数 f_{OSC} は、次式で算出できます。

$$f_{OSC} \text{ (Hz)} = \frac{4.74}{(24 \times R_{RT}) + 0.365 \times 10^{-6}} \times \frac{1}{21.5 \times 10^{-12}} \quad (1)$$

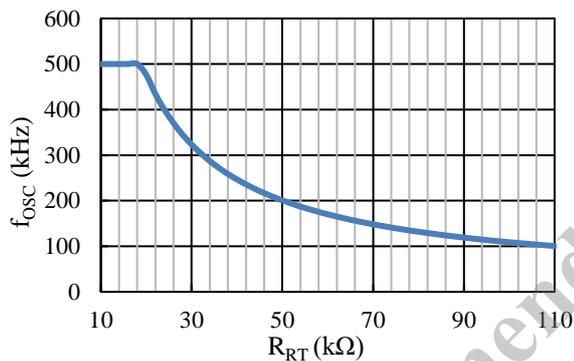


図 9-1 R_{RT} と f_{OSC} の関係

IC 内部の制御回路を、図 9-2 に示します。

本 IC は、IC 内部のパワー MOSFET に流れる電流 I_D と、LED に流れる電流 I_{LED} を検出し、定電流制御をしています。 I_D は IC 内部で検出します。また、 I_{LED} は電流検出抵抗 R_{CS} で検出します。

本 IC は、 I_D から生成される値のピークが、 R_{CS} の両端電圧から生成される目標値に近づくように、内部のパワー MOSFET のオン時間を制御します。これにより I_{LED} が一定になります。

I_{LED} は、次式で算出できます。

$$I_{OUT} = \frac{V_{CS} - I_{CSN} \times (R_{CS} + R_{OVP})}{R_{CS}} \quad (2)$$

ここで、

- I_{CSN} : SW 端子入力電流 (9.5 μA)
- V_{CS} : 電流検出しきい電圧 (100 mV)
- R_{CS} : 電流検出抵抗
- R_{OVP} : 過電圧保護抵抗

$I_{CSN} \times (R_{CS} + R_{OVP})$ が V_{CS} に対して非常に小さく、無視できる場合は、次式で算出できます。

$$I_{LED} = \frac{V_{CS}}{R_{CS}} \quad (3)$$

なお、 I_{LED} が許容精度の範囲内になるように、 R_{OVP} を設定してください (9.5 項参照)。

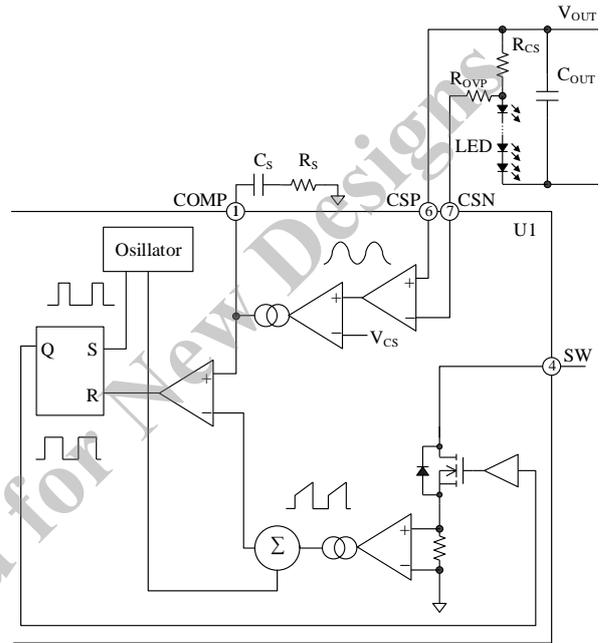


図 9-2 制御回路図

9.2 LED 調光

本 IC は、アナログ信号 (DC 電圧) を入力するアナログ調光と、PWM 信号を入力するデジタル調光に対応しています。以下に、それぞれの調光方式について説明します。

9.2.1 アナログ調光

図 9-3 にアナログ調光方式を使用する際の DIM 端子の周辺回路を示します。DIM 端子電圧は、DIM 端子に接続する抵抗 R_{DIM} で設定します。図 9-4 に DIM 端子電圧と R_{DIM} の値の関係を、図 9-5 に DIM 端子電圧と LED 電流 I_{LED} の関係を示します。

DIM 端子の電圧が 2 V 以上の場合は、100% 調光になります。また、マイコンのポートなどから DIM 端子にローレベルの信号 ($V_{DIM(OFF)} = 0.15 \text{ V}$ 未満) を入力すると、内部のパワー MOSFET が発振を停止し、LED もオフします。

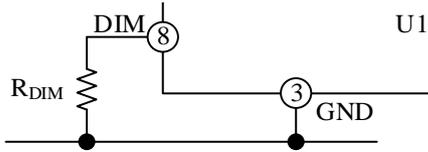


図 9-3 DIM 端子周辺回路

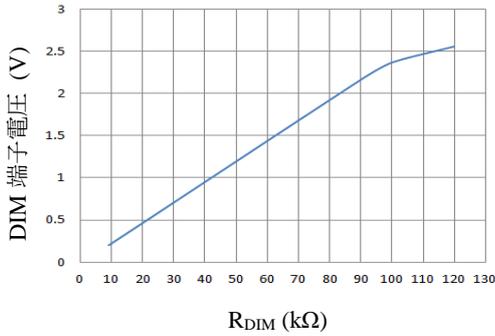


図 9-4 DIM 端子電圧と R_{DIM} の関係

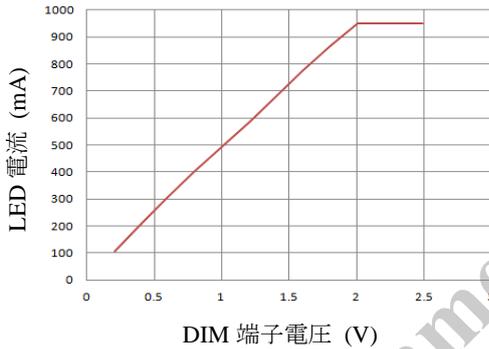
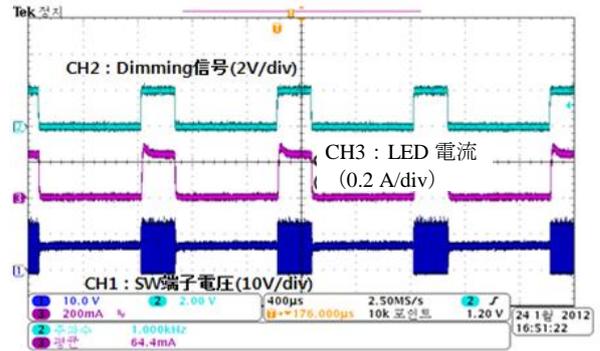


図 9-5 LED 電流と DIM 端子電圧の関係

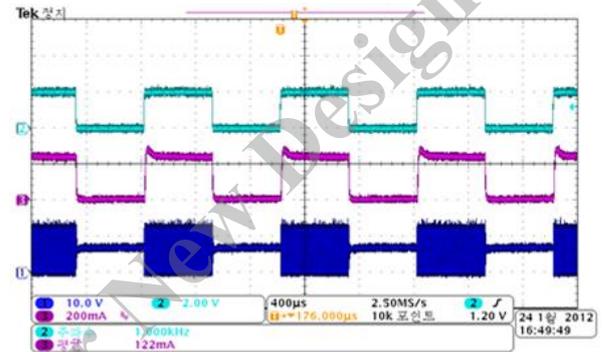
9.2.2 デジタル調光

本 IC のデジタル調光は、DIM 端子と GND 端子間に PWM 信号を入力し、PWM 信号のデューティで LED に流れる電流を制御します。DIM 端子に入力する信号は、サージ電圧を含め、DIM 端子絶対最大定格-0.3 V~3.3 V 以内にしてください。

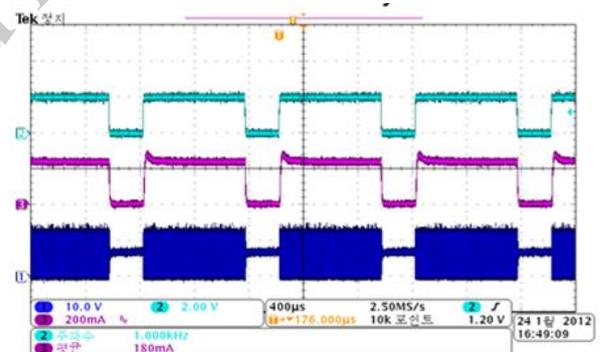
図 9-6 のように、DIM 端子が“H” ($V_{DIM(ON)} = 0.2 \text{ V}$ 以上) の期間は、内部のパワー MOSFET が発振して LED に電流が流れます。DIM 端子が“L” ($V_{DIM(OFF)} = 0.15 \text{ V}$ 未満) の期間は、内部のパワー MOSFET が発振を停止し、LED もオフします。デューティ 100% で 100% 調光になります。



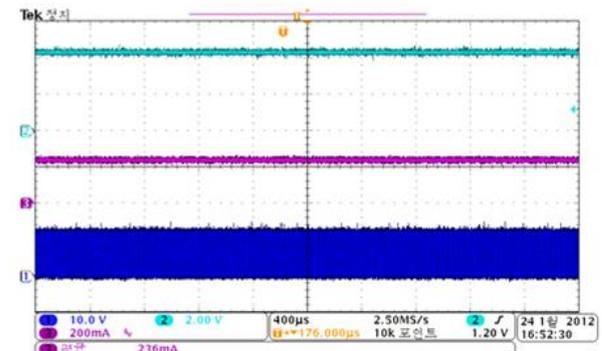
a) デューティ 25%



b) デューティ 50%



c) デューティ 75%



d) デューティ 100%

図 9-6 PWM デジタル調光の実働例 (PWM 周波数 1 kHz、 $R_{CS} = 0.41 \Omega$ 、 $I_{LED} = 244 \text{ mA}$)

9.3 LED オン/オフ機能

マイコンのポートなどから DIM 端子にローレベルの信号 ($V_{DIM(OFF)} = 0.15 \text{ V}$ 未満) を入力すると、内部のパワーMOSFET が発振を停止し、LED はオフします。論理を反転する場合は、図 9-7 のようにトランジスタなどを接続してください。

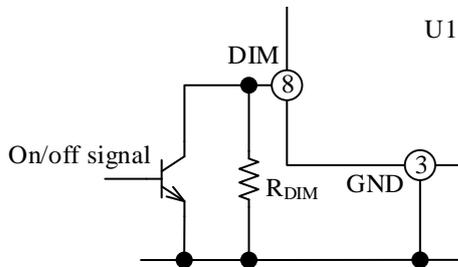


図 9-7 DIM 端子周辺回路

9.4 過電流保護機能 (OCP)

本 IC は、SW 端子への流入電流を制限する過電流保護機能 (OCP : Overcurrent Protection) を内蔵しています (図 9-8 参照)。SW 端子への流入電流が $I_{SW(LIM)} = 1.8 \text{ A}$ 以上になると、パルス・バイ・パルスで内部のパワーMOSFET をオフにします。これにより、定電流検出の不具合や出力短絡により過電流が流れた際に IC を保護します。

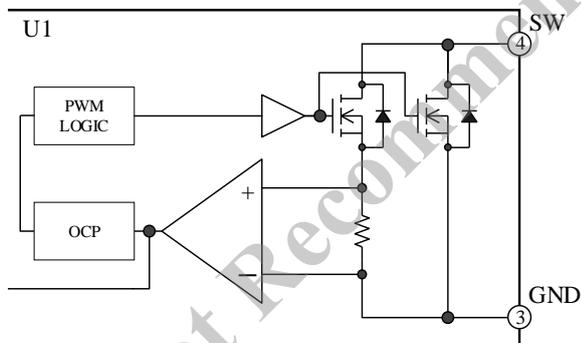


図 9-8 過電流保護回路

9.5 過電圧保護機能 (OVP)

定常動作状態から、急に LED がオープン状態になると、CSP 端子と CSN 端子間の電圧が急激に上昇し、IC が破壊する可能性があります。CSP 端子と CSN 端子間の過電圧から IC を保護するため、抵抗 R_{OVP} とツェナーダイオード DZ_{OVP} を、図 9-9 のように接続してください。

LED がオープン状態になり、図 9-10 のように電流 I_{DZ} が流れて CSP 端子と CSN 端子間の電圧が式

(4)の値以上になると、過電圧保護機能 (OVP : Overvoltage Protection) が動作し、IC は発振を停止します。CSP 端子と CSN 端子間の電圧が式(4)の値未満になると、通常の動作に自動的に復帰します。

$$V_{OUT(OVP)} = V_{Z(OVP)} + V_{CS(OVP)} \quad (4)$$

$V_{OUT(OVP)}$: LED オープン時の出力電圧

$V_{Z(OVP)}$: DZ_{OVP} のツェナー電圧

$V_{CS(OVP)}$: 過電圧保護しきい電圧 (150 mV)

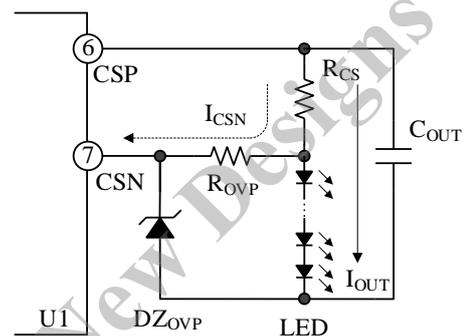


図 9-9 定常動作時

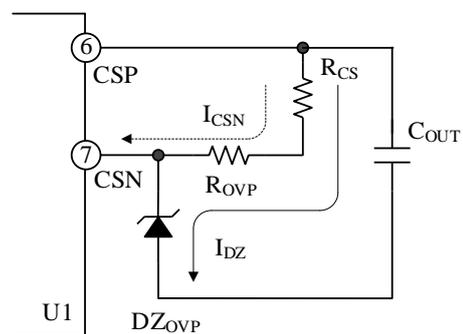


図 9-10 LED オープン時

抵抗 R_{OVP} とツェナーダイオード DZ_{OVP} は、以下のように設定してください。

● R_{OVP}

過電圧保護機能動作時に、 DZ_{OVP} が許容損失以下、かつ I_{LED} が許容誤差内になるように R_{OVP} の抵抗値を設定します。

DZ_{OVP} の許容損失を P_{DZ} 、ツェナー電圧を V_{DZ} とすると、ツェナーダイオードの許容電流 I_{DZ} は、次式の範囲になります。

$$I_{DZ} \leq \frac{P_{DZ}}{V_{DZ}} \quad (5)$$

DZ_{OVP} を許容損失以下にするための R_{OVP} の抵抗値は、次式の範囲です。

$$R_{OVP} \geq \frac{V_{CS(OVP)}}{I_{DZ} + I_{CSN}} - R_{CS} \quad (6)$$

ここで、

V_{CS(OVP)} : 過電圧保護しきい電圧 (150 mV)

I_{CSN} : CSN 端子の入力電流

R_{CS} : LED 電流検出抵抗値

式(6)において、I_{CSN} << I_{DZ} の場合は次式になります。

$$R_{OVP} \geq \frac{V_{CS(OVP)}}{I_{DZ}} - R_{CS} \quad (7)$$

例として、V_{CS(OVP)} = 150 mV、I_{CSN} = 9.5 μA、I_{DZ} = 5 mA、R_{CS} = 0.33 Ω の場合、I_{CSN} << I_{DZ} なので、式(7)より R_{OVP} = 29.67 Ω (≈30 Ω) となります。

● DZ_{OVP}

定常動作時に DZ_{OVP} が導通しないように、ツェナー電圧 V_{DZ} が LED ストリングに印加される最大電圧よりも高くなるように設定します。

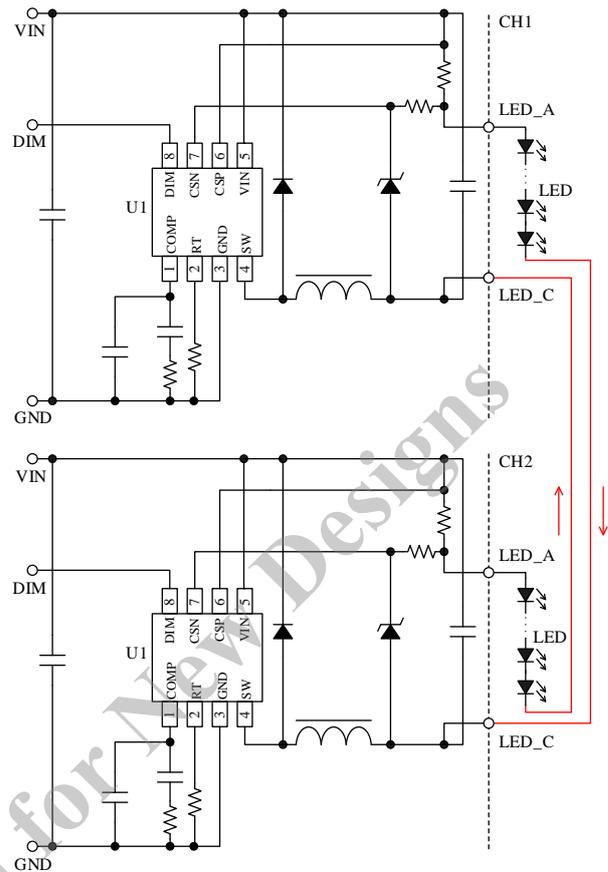


図 9-12 誤った接続

9.6 LED 誤配線保護

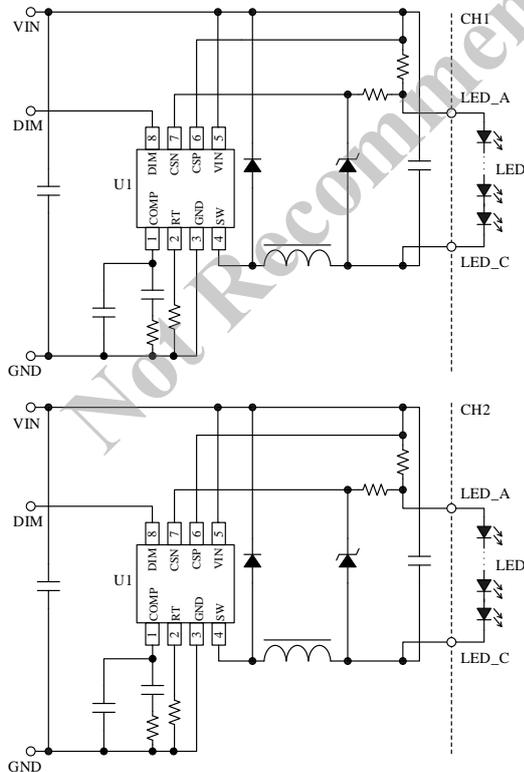


図 9-11 正常な接続

複数の LC5710S を使用し、複数の LED ストリングを駆動するアプリケーションの場合は、LED ストリングの接続方法に注意が必要です。

図 9-12 のように異なる IC の出力間に LED ストリングを接続すると、過電流保護機能、加熱保護機能または LED 誤配線保護機能が動作し、IC の動作は不安定になります。

LED 誤配線保護機能とは、誤って LED ストリングを接続してしまった場合の保護機能です。CSP-CSN 端子間電圧 V_{CS} < 5 mV、かつ COMP 端子電圧 V_{COMP} > 2.1 V の状態が、ウォッチドッグタイマ設定時間 t_{wDT} = 30 ms 以上継続すると、LED 誤配線保護が動作し、IC は間欠発振動作になります。これにより IC の発熱を抑え、IC が破壊するのを防ぎます。

本機能は、誤って接続してしまった場合の簡易的な保護機能です。実際のアプリケーションでは図 9-11 に示すように正しく接続してください。

9.7 過熱保護機能

IC のジャンクション温度が、過熱保護動作温度 $T_{SD} = 165\text{ }^\circ\text{C}$ 以上になると、過熱保護機能 (TSD : Thermal Shutdown) が動作し、IC は発振を停止します。TSD には、温度ヒステリシス ($T_{SD(HYS)} = 22\text{ }^\circ\text{C}$) があります。IC のジャンクション温度が $T_{SD} - T_{SD(HYS)}$ 以下になると、通常の動作に自動的に復帰します。

9.8 回路方式の選択

入力電圧 V_{IN} と、接続する LED の順方向電圧降下の合計値に応じて、回路方式を選択します (表 9-1 参照)。

表 9-1 入力電圧 V_{IN} と LED ストリング電圧の関係

| | |
|-------|--|
| 降圧方式 | $V_{IN} > (n \times V_{FLED}) + V_{CS}$ |
| 昇圧方式 | $V_{IN} < (n \times V_{FLED}) + V_{CS}$ |
| 昇降圧方式 | $V_{IN} (\text{min.}) < (n \times V_{FLED}) + V_{CS} < V_{IN} (\text{max.})$ |

ここで、

V_{FLED} : LED の順方向電圧降下
(照明用白色 LED の場合約 3.5 V)

n : LED の直列灯数

V_{CS} : 電流検出しきい電圧 (100 mV)

表 9-2 に、回路方式に応じた LED の直列灯数を示します。表 9-2 の非対応 (—) の部分は、以下の条件のいずれかに該当するため、動作が制限されます。

- 入力電圧が 5 V 未満
- $V_{IN(\text{MAX})}$ または $V_{SW(\text{MAX})}$ が 48 V を超えている (絶対最大定格 60 V の 80%)
- オンデューティ D が $0.15 < D < 0.84$ の範囲外
- インダクタピーク電流 I_{LP} が 1.4 A 以上 (SW 端子制限電流 $I_{SW(\text{LIM})} = 1.4\text{ A}$ 以上)

表 9-2 LED の直列接続数

条件 : V_{IN} (または V_{SW}) $\leq 48\text{ V}$ ($60\text{ V} \times 0.8$)、 $0.15 < D < 0.84$

| LED 直列灯数 | V_{OUT}/LED ストリング電圧 (V) | V_{IN} 範囲 (V) | | | | | |
|----------|----------------------------------|---|-------|---|-------|---|------|
| | | 降圧型 | | 昇圧型 | | 昇降圧型 | |
| | | $I_{LED} = 1.0\text{ A}, \Delta I_L = 0.4\text{ A}$ | | $I_{LED} = 0.5\text{ A}, \Delta I_L = 0.4\text{ A}$ | | $I_{LED} = 0.5\text{ A}, \Delta I_L = 0.4\text{ A}$ | |
| | | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. |
| 1 | 3.6 | 5.00 | 24.00 | — | — | 5 | 20.4 |
| 2 | 7.1 | 8.45 | 47.33 | 5.00 | 6.04 | 5.1 | 39.9 |
| 3 | 10.6 | 12.62 | 48.00 | 5.00 | 9.01 | 7.6 | 37.4 |
| 4 | 14.1 | 16.79 | 48.00 | 6.60 | 11.99 | 10.1 | 33.9 |
| 5 | 17.6 | 20.95 | 48.00 | 8.30 | 14.96 | 12.7 | 30.4 |
| 6 | 21.1 | 25.12 | 48.00 | 9.90 | 17.94 | 15.1 | 26.9 |
| 7 | 24.6 | 29.29 | 48.00 | 11.60 | 20.91 | 17.6 | 23.4 |
| 8 | 28.1 | 33.45 | 48.00 | 13.20 | 23.89 | — | — |
| 9 | 31.6 | 37.62 | 48.00 | 14.90 | 26.86 | — | — |
| 10 | 35.1 | 41.79 | 48.00 | 16.50 | 29.84 | — | — |
| 11 | 38.6 | 45.95 | 48.00 | 18.20 | 32.81 | — | — |
| 12 | 42.1 | — | — | 19.80 | 35.79 | — | — |
| 13 | 45.6 | — | — | 21.50 | 38.76 | — | — |

— : 非対応

表 9-2 をグラフにしたものを、図 9-13～図 9-15 に示します。これらの値は参考値です。実際の動作において SW 端子に大きなサージが発生している場合や、IC が高温で動作している場合などは、灯数を減らしたり、LED 電流 I_{LED} を低減したりしてください。また、IC は、図 10-1 の熱減定格曲線の範囲内で使用してください。

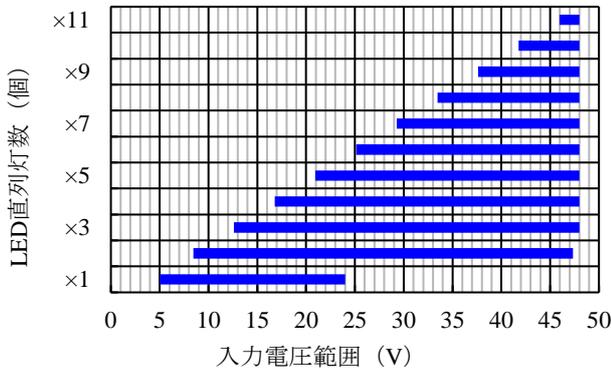


図 9-13 LED 串列灯数と入力電圧範囲 (降压方式)

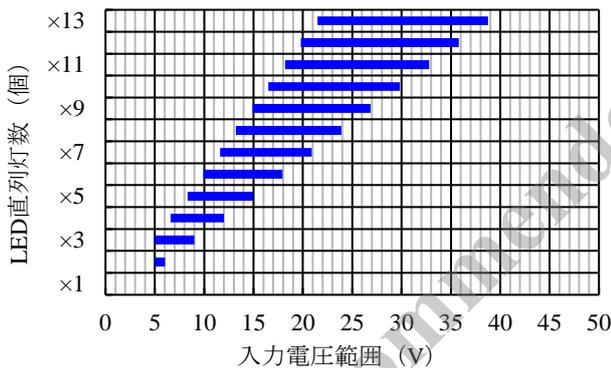


図 9-14 LED 串列灯数と入力電圧範囲 (昇压方式)

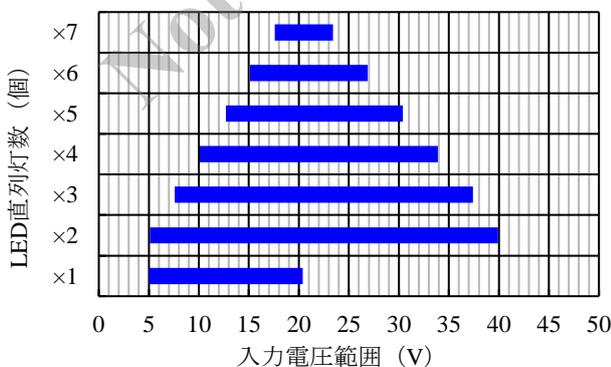


図 9-15 LED 串列灯数と入力電圧範囲 (昇降压方式)

9.9 外付けインダクタの設定

本項で説明に使用する記号の定義は以下の通りです。

- V_{OUT} : 出力電圧
- I_L : インダクタ電流
- ΔI_L : インダクタ電流のリプル電流
- I_{LED} : LED 電流
- f_{OSC} : 発振周波数

本 IC を使用する場合、インダクタンス電流が連続電流モード (CCM : Continuous Conduction Mode) になるように、インダクタンス値を設定します。

本 IC は、降圧、昇圧、昇降圧方式に対応しています。それぞれの回路方式におけるインダクタンスの計算式を表 9-3 に示します。

オンデューティ D は次式の範囲内に設定します。

$$t_{ON(MIN)} \times f_{OSC} < D < D_{MAX} \quad (8)$$

$$0.15 < D < 0.84 \quad (9)$$

V_{OUT} は次式で算出できます。

$$V_{OUT} = n \times V_{FLED} + V_{CS} \quad (10)$$

ここで、

- V_{FLED} : LED の順方向電圧降下 (照明用白色 LED の場合約 3.5 V)
- n : LED の直列灯数
- V_{CS} : 電流検出しきい電圧 (100 mV)

表 9-3 インダクタンスの計算式

| 項目 | 降圧方式 | 昇圧方式 | 昇降圧方式 |
|------------------------|--|---|---|
| SW 端子電圧 V_{SW} | V_{IN} | V_{OUT} | $V_{IN} + V_{OUT}$ |
| オンデューティ D | $\frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$ | $\frac{V_{OUT} - V_{IN}}{V_{OUT}}$ | $\frac{V_{OUT}}{V_{IN} + V_{OUT}}$ |
| インダクタ平均電流 $I_{L(AVG)}$ | I_{LED} | $\frac{I_{LED}}{1 - D}$ | $\frac{I_{LED}}{1 - D}$ |
| インダクタピーク電流 I_{LP} | $I_{LED} + \frac{\Delta I_L}{2}$ | $\frac{I_{LED}}{1 - D} + \frac{\Delta I_L}{2}$ | $\frac{I_{LED}}{1 - D} + \frac{\Delta I_L}{2}$ |
| インダクタンス L | $\frac{V_{OUT} \times (1 - D)}{\Delta I_L \times f_{OSC}}$ | $\frac{V_{IN} \times D}{\Delta I_L \times f_{OSC}}$ | $\frac{V_{IN} \times D}{\Delta I_L \times f_{OSC}}$ |

降圧方式の場合、SW 端子に流れるドレイン電流 I_D は I_{LED} と等しくなります。昇圧、昇降圧方式の場合、 $D=0.5$ でインダクタリップル電流 ΔI_L が同じであれば、降圧方式の 2 倍の I_D が SW 端子に流れません。

ΔI_L の最大値は、0.4 A です。また、過電流保護機能が動作しないよう、インダクタピーク電流 I_{LP} が 1.4 A ($I_{SW(LIM)}$ の下限値) 未満になるように設定します。

これより、LED に供給できる電流の最大値は、次のようになります。

- 降圧方式：1.0 A
- 昇圧／昇降圧方式：0.5 A

ただし、IC は、図 10-1 の熱減定格曲線の範囲内で使用してください。

図 9-16～図 9-18 にインダクタンス L とリップル電流 ΔI_L のグラフを示します。なお、照明用白色 LED の V_F を 3.5 V とし、LED を直列に 5 灯 ($V_{OUT} = 17.6 V$) 接続した場合で計算しています。

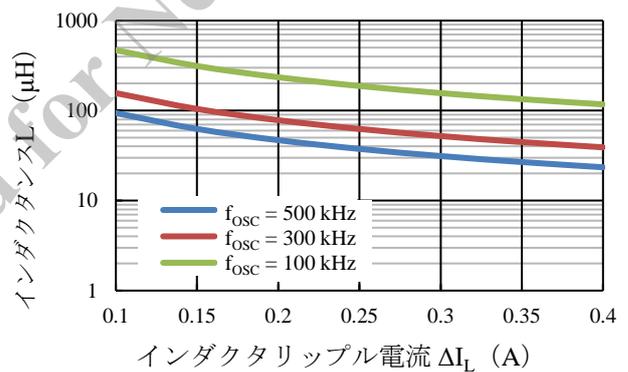


図 9-16 降圧方式インダクタンス計算例 ($V_{OUT} = 17.6 V$ 、 $V_{IN} = 24 V$)

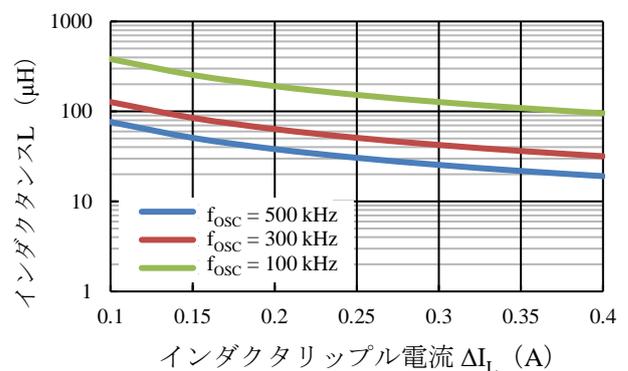


図 9-17 昇圧方式インダクタンス計算例 ($V_{OUT} = 17.6 V$ 、 $V_{IN} = 12 V$)

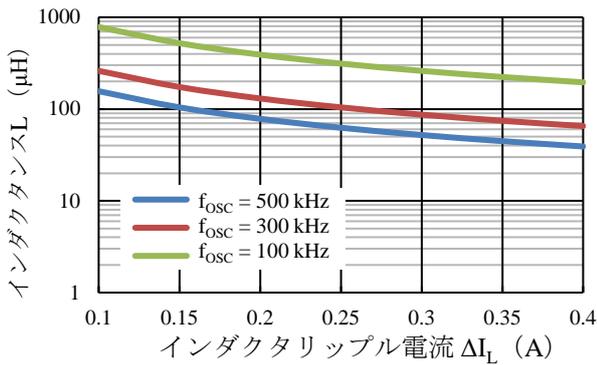


図 9-18 昇降圧方式インダクタンス計算例
($V_{OUT} = 17.6\text{ V}$ 、 $V_{IN} = V_{OUT} \pm 20\%$)

ΔI_L を小さく設定すると、必要な L 値は大きくなります。外形寸法が同じインダクタで比較した場合、 L 値が大きいインダクタの方が、許容電流 I_{DZ} は小さくなる傾向があります。 L 値が大きく、許容電流 I_{DZ} も大きくする場合、外形寸法が大きいインダクタが必要です。

一般的に、 ΔI_L は出力電流の 20%~30%程度に設定します。

$$\Delta I_L = I_{OUT} \times 0.2 \sim 0.3 \quad (11)$$

9.10 許容損失 P_D の計算

許容損失 P_D は次式で算出できます。

$$P_D = P_{COUT} + P_{SW} + P_{ON} \quad (12)$$

ここで

P_{COUT} : 内部制御回路の損失

P_{SW} : 内部パワーMOSFETのスイッチング損失

P_{ON} : 内部パワーMOSFETのオン損失

各損失の算出方法は以下のとおりです。

9.10.1 制御回路の損失 P_{CONT}

制御回路の損失 P_{CONT} は、入力電圧と周波数に依存します。 P_{CONT} は、IC 内部の回路電流の損失と、IC 内部のパワーMOSFET のドライブ損失を含みます。 P_{CONT} の値は、図 9-19 から読みとります。

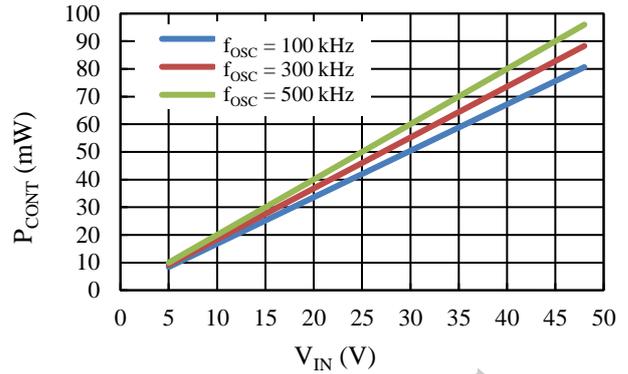


図 9-19 制御回路の損失 P_{CONT}

9.10.2 パワーMOSFETのスイッチング時間

図 9-20 に、内部パワーMOSFETのスイッチング時間 t_{sw} を示します。ターンオン時間 t_r とターンオフ時間 t_f は同じ値として、 t_{sw} を定義します。図 9-20 に、主回路上の寄生インダクタンスなどの影響がほとんど無いと想定した場合の、SW 端子電圧と t_{sw} の関係を示します。

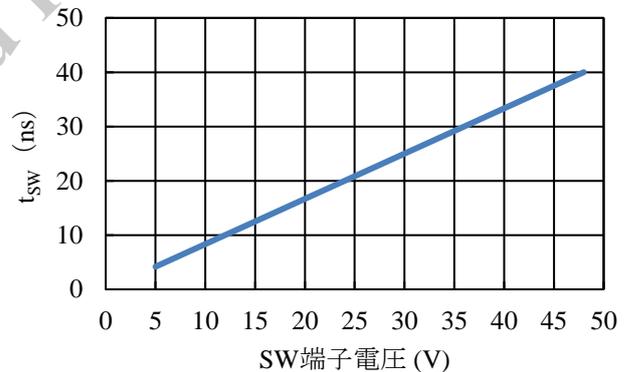


図 9-20 SW 端子電圧と内部パワーMOSFETのスイッチング時間 t_{sw} の関係

内部パワーMOSFET は、電圧変換部の主回路に接続されています。スイッチング電流が流れる主回路のパターンのインピーダンスが高かったり、寄生インダクタンスを含んでいたりする場合は、図 9-20 に示すスイッチング時間と異なる場合があります。

9.10.3 パワーMOSFET のスイッチング損失 P_{SW}

内部パワーMOSFET のスイッチング損失 P_{SW} は次式で算出できます。

- 降圧型

$$P_{SW} = 2 \times (V_{IN} \times \frac{I_{LED}}{2} \times t_{SW} \times f_{OSC}) \quad (13)$$

- 昇圧型

$$P_{SW} = 2 \times (V_{OUT} \times \frac{I_{L(AVG)}}{2} \times t_{SW} \times f_{OSC}) \quad (14)$$

- 昇降圧型

$$P_{SW} = 2 \times \left\{ (V_{IN} + V_{OUT}) \times \frac{I_{L(AVG)}}{2} \times t_{SW} \times f_{OSC} \right\} \quad (15)$$

ここで

V_{IN} : 入力電圧 (V)

V_{OUT} : 出力電圧 (V)

I_{LED} : LED 電流 (A)

$I_{L(AVG)}$: インダクタ平均電流 (A)

t_{SW} : パワーMOSFET スwitchング時間 (s)

f_{OSC} : 発振周波数 (Hz)

t_{SW} は図 9-20 から数値を読み取るか、実測値を入力します。

9.10.4 パワーMOSFET のオン損失 P_{ON}

内部パワーMOSFET のオン損失 P_{ON} は次式で算出できます。

- 降圧型

$$P_{ON} = R_{ON} \times I_{LED}^2 \times t_{ON} \times f_{OSC} \quad (16)$$

- 昇圧型、昇降圧型

$$P_{ON} = R_{ON} \times I_{L(AVG)}^2 \times t_{ON} \times f_{OSC} \quad (17)$$

ここで

R_{ON} : パワーMOSFET オン抵抗 (Ω)

I_{LED} : LED 電流 (A)

$I_{L(AVG)}$: インダクタ平均電流 (A)

t_{ON} : パワーMOSFET オン時間 (s)

$$t_{ON} = \frac{1}{f_{OSC}} \times D$$

D : デューティ (表 9-3 参照)

f_{OSC} : 発振周波数 (Hz)

10. 設計上の注意点

10.1 熱減定格曲線

図 10-1 に、11 項の基板に搭載した場合の IC の熱減定格曲線を示します。IC を使用する際は、十分にマージンを確保してください。熱減定格は、 $T_J = 125\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $\theta_{J-A} = 82.8\text{ }^\circ\text{C/W}$ で算出しています。

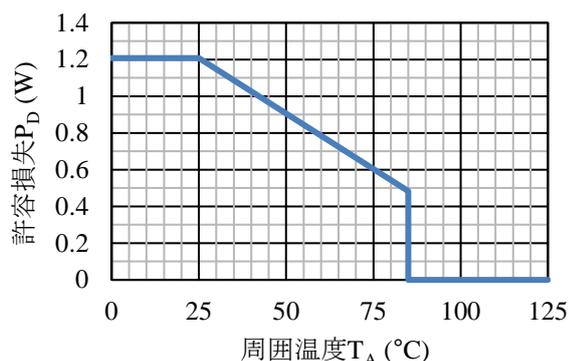


図 10-1 熱減定格曲線

許容損失 P_D は、次式で算出できます。

$$P_D = \frac{(T_J - T_A)}{\theta_{J-A}} \quad (18)$$

ここで、

T_J : ジャンクション温度 (125 °C)

T_A : 周囲温度

θ_{J-A} : ジャンクション-周囲間熱抵抗 (82.8 °C/W)

$T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 、の場合、 P_D は 1.2077 W です。

10.2 外付け部品

各部品は使用条件に適合したものを使用します。

10.2.1 インダクタ (L1)

LED 電流平滑用のチョークコイルです。

インダクタンスが大きいほど、リップル電流 ΔI_L が小さくなります。インダクタンスが小さいほど、リップル電流 ΔI_L が大きくなります。また、 ΔI_L を小さくすると、 ΔI_L の変化による LED の発熱を低減します。

過負荷時や負荷短絡時でもインダクタが磁気飽和しないように、インダクタンスを設定してください。

10.2.2 ダイオード (Ds)

フリーホイールダイオードやブーストダイオードは、ショットキダイオードまたは超高速整流ダイオードを選択します。

逆回復時間 t_{rr} が長いダイオードを選択すると、パワー MOSFET がターンオンしたときに、パワー MOSFET に大きなサージ電流が流れるため、ノイズの増加、誤動作、効率低下の要因になります。

10.2.3 電流検出抵抗 (Rcs)

R_{CS} には高周波のスイッチング電流が流れます。そのため、内部インダクタンスの大きい抵抗を使用すると、誤動作の要因になります。内部インダクタンスが小さく、サージ耐量が大きい抵抗を選択します。

10.2.4 入力コンデンサ (CIN)

主電源平滑用のコンデンサです。 C_{IN} の容量が大きいほど、リップル電圧が小さくなります。また、出力電力が大きくなると、リップル電圧が大きくなります。出力電力に応じて C_{IN} を選択します。

10.2.5 出力コンデンサ (COUT)

LED ストリングが許容するリップル電流 ΔI_L に応じて、 C_{OUT} の有無や容量を選定します。

ΔI_L の許容範囲が大きい場合は、 C_{OUT} の容量を小さくしたり、 C_{OUT} を削減できたりします。

ΔI_L の許容範囲が小さい場合は、LED ストリングと並列に C_{OUT} を接続します。

また、LED ストリングが出力端子から離れた位置にある場合は、 ΔI_L やリップル電圧を低減させるため、LED ストリングと並列に C_{OUT} を接続します。

10.2.6 位相補償回路 (Rs, Cs, Cp)

R_S 、 C_S 、 C_P は、COMP 端子に接続する位相補償用の部品です。ノイズによる誤動作を防ぐため、これらは COMP 端子と GND 端子間に最短で接続します。

10.2.7 周波数設定抵抗 (RRT)

R_{RT} で発振周波数 (100 kHz ~ 500 kHz) を設定します。ノイズによる誤動作を防ぐため、 R_{RT} は RT 端子と GND 端子間に最短で接続します。

10.3 位相補償 (COMP 端子)

本 IC を安定に動作させるためには、位相余裕度を十分に確保する必要があります。位相余裕度は、COMP 端子に接続する抵抗とコンデンサ (R_S、C_S、C_P) で設定します。

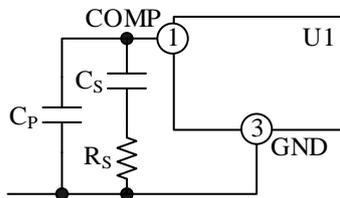


図 10-2 COMP 端子周辺回路

1) 目標クロスオーバー周波数 f_c の設定

ゲインが 0dB (1 倍) になるときの周波数が、クロスオーバー周波数 f_c です。f_c が高いほど、負荷変動に対する応答が速くなりますが、リップルやノイズなどの影響で動作が不安定になる傾向があります。本 IC の動作を安定させるため、f_c が次式の範囲になるように設定してください。

● 降圧方式

$$f_c \leq \frac{f_{osc}}{50} \quad (19)$$

ここで、

f_{osc} : 発振周波数 (Hz)

● 昇圧方式

$$f_c \leq \frac{f_{z2}}{50} \quad (20)$$

$$f_{z2} = \frac{R_{LED} \times (1 - D)^2}{2\pi \times L} \quad (21)$$

$$R_{LED} = \frac{V_{OUT}}{I_{LED}} \quad (22)$$

ここで、

f_{z2} : ゼロ周波数 (Hz)

R_{LED} : LED を抵抗負荷とみなした場合の抵抗値 (Ω)

L : インダクタンス値 (H)

D : オンデューティ

V_{OUT} : 出力電圧 (V)

I_{LED} : LED 電流 (A)

● 昇降圧方式

D ≥ 0.5 の場合、昇圧方式の式を用いて f_c を算出します。

D < 0.5 の場合、降圧方式の式を用いて f_c を算出します。

動作が不安定な場合は、f_c の設定値を下げてください。

2) R_S の設定

R_S は、位相補償用の抵抗で、次式で算出できます。

$$R_S = \frac{2\pi \times C_{OUT} \times f_c \times V_{OUT}}{K} \quad (23)$$

ここで、

C_{OUT} : 出力コンデンサの容量 (F)

f_c : 上記で設定したクロスオーバー周波数 (Hz)

V_{OUT} : 出力電圧 (V)

K : 本 IC の定数 (2.497 × 10⁻⁴)

降圧方式で f_c = 10 kHz、C_{OUT} = 1 μF、V_{OUT} = 3.6 V の場合、R_S は以下ようになります。

$$R_S = \frac{2\pi \times 1 \mu\text{F} \times 10 \text{ kHz} \times 3.6 \text{ V}}{2.497 \times 10^{-4}} \approx 0.91 \text{ k}\Omega$$

3) C_S の設定

C_S は、位相補償用コンデンサです。C_S でポール周波数 f_{p1} とゼロ周波数 f_{z1} が決まります。十分な位相余裕度 (60 deg. 以上) を確保するために、f_{z1} を f_c の 1/4 程度に設定します。

C_S は、次式で算出できます。

$$C_S = \frac{4}{2\pi \times R_S \times f_c} \quad (24)$$

降圧方式で f_c = 10 kHz、R_S = 0.91 kΩ の場合、C_S は以下ようになります。

$$C_S = \frac{4}{2\pi \times 0.91 \text{ k}\Omega \times 10 \text{ kHz}} \approx 70.3 \text{ nF}$$

4) C_P の設定

出力コンデンサにセラミックコンデンサを用いる場合、C_P は不要です。

出力コンデンサにアルミ電解コンデンサを用いる際、ESR が式(25)の範囲の場合は、ESR で発生するゼロ周波数 f_{z2} の影響をを相殺するために C_P を追加する必要があります。ピーク電流制御方式を採用する制御では f_c を必要以上に高くするため、f_{z2}

は IC の誤動作の原因になります。そこで、 C_P を追加して新たなポール周波数 f_{P3} を構成し、 f_{Z2} の影響を相殺します。

$$ESR > \frac{1}{2\pi \times f_c \times C_{OUT}} \quad (25)$$

C_P は、次式で算出できます。

$$C_P = \frac{C_{OUT} \times ESR}{R_S} \quad (26)$$

10.4 パターン設計

スイッチング電源は、高周波かつ高電圧の電流経路が存在し、基板のパターンや部品の実装条件が、動作、ノイズ、損失などに大きく影響します。そのため、図 10-3 に示す高周波電流ループは極力小さくし、パターンを太くして、ラインインピーダンスを低くする必要があります。また、GND ラインは輻射ノイズに大きな影響を与えるため、極力太く、短く配線します。

また、パワー-MOSFET のオン抵抗 $R_{DS(ON)}$ は、正の温度係数のため、熱設計に注意します。

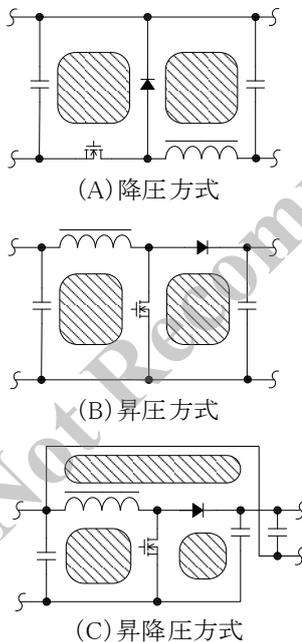


図 10-3 高周波電流ループ（斜線部分）

IC 周辺回路の接続例を図 10-4～図 10-6 に示します。

- 1) 主回路パターン
主回路パターンはスイッチング電流が流れるため、極力太く、短く配線します。
- 2) 制御系グランドパターン
制御系のグランドパターンに主回路の大電流が流れると、制御グランドの電位が変動し、IC の誤動作の原因になります。IC の制御系のグランドは、主回路パターンの配線と分けて、GND 端子のできるだけ近くに 1 点で配線します。調光信号のグランドも主回路パターンと分けて配線することを推奨します。
- 3) 電流検出抵抗 R_{CS} 周り
電流検出時のノイズを低減するため、 R_{OVP} は CSP 端子と CSN 端子間に、専用パターンで最短に接続します。CSP 端子と CSN 端子間のノイズが大きい場合は、フィルタコンデンサ C_f を接続します（6 項参照）。
- 4) COMP 端子周り
位相補償回路部品 (R_S 、 C_S 、 C_P) は、COMP 端子と GND 端子間に最短で接続します。
- 5) RT 端子周り
周波数設定抵抗 R_{RT} は、RT 端子と GND 端子間に最短で接続します。
- 6) C_{OUT} は、LED スtring の近くに接続します。

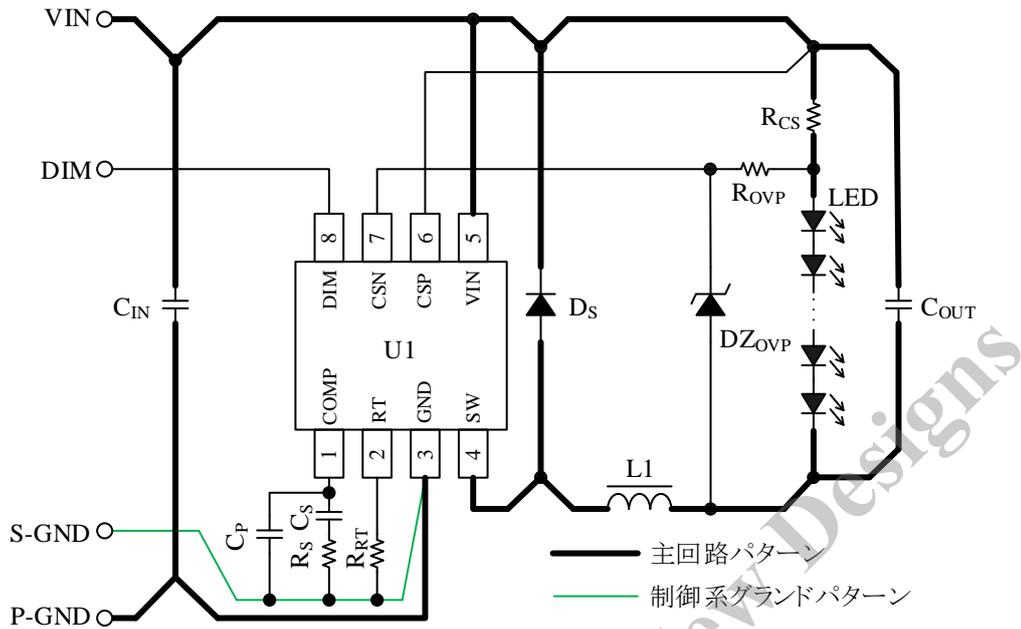


図 10-4 周辺回路の接続例：降圧方式

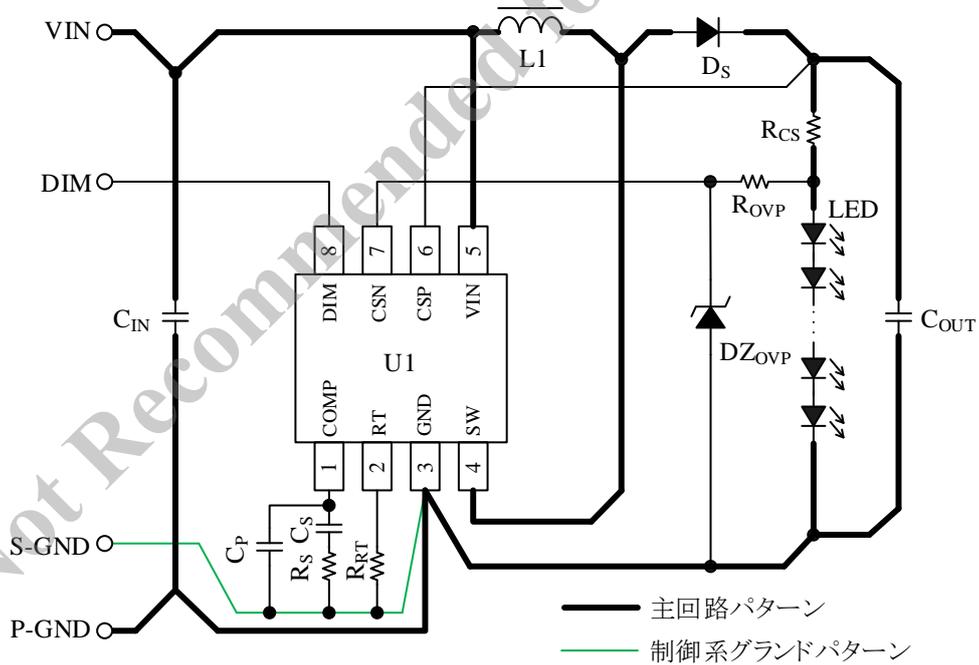


図 10-5 周辺回路の接続例：昇圧方式

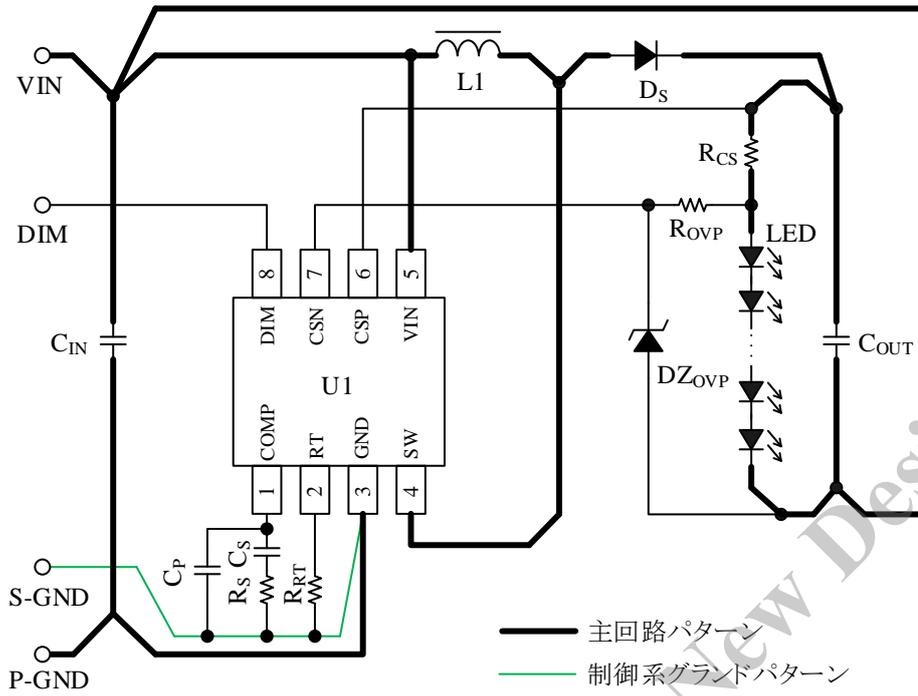


図 10-6 周辺回路の接続例：昇降圧方式

11. パターンレイアウト例

以下に、LC5710S を使用したパターンレイアウト例と、その回路図を示します。回路図に記載のない部品は使用しません。本 IC のランドパターンは、7 項を参照してください。

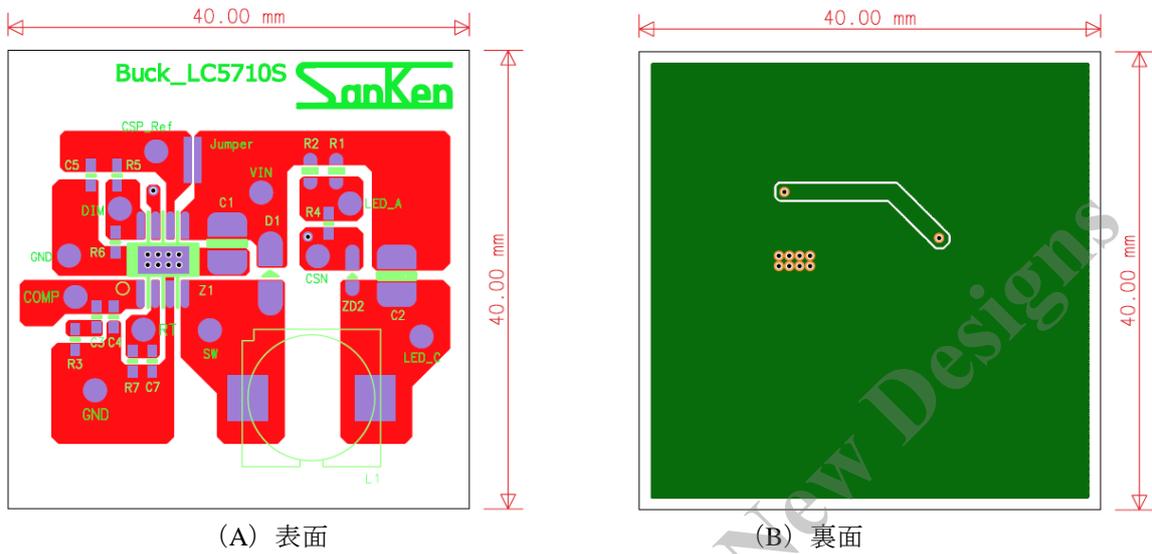


図 11-1 降圧回路用パターンレイアウト例

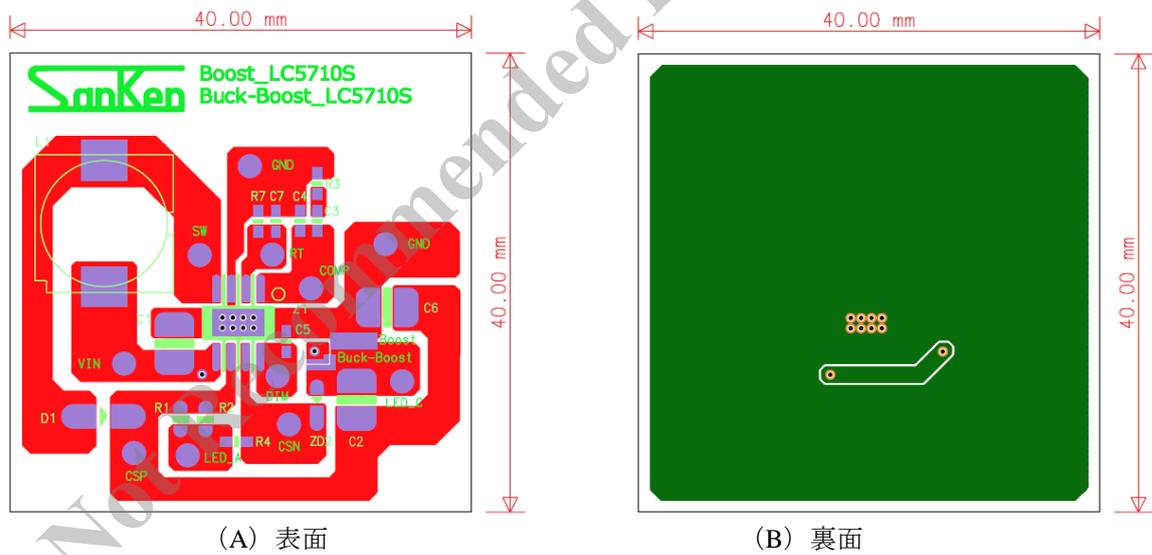
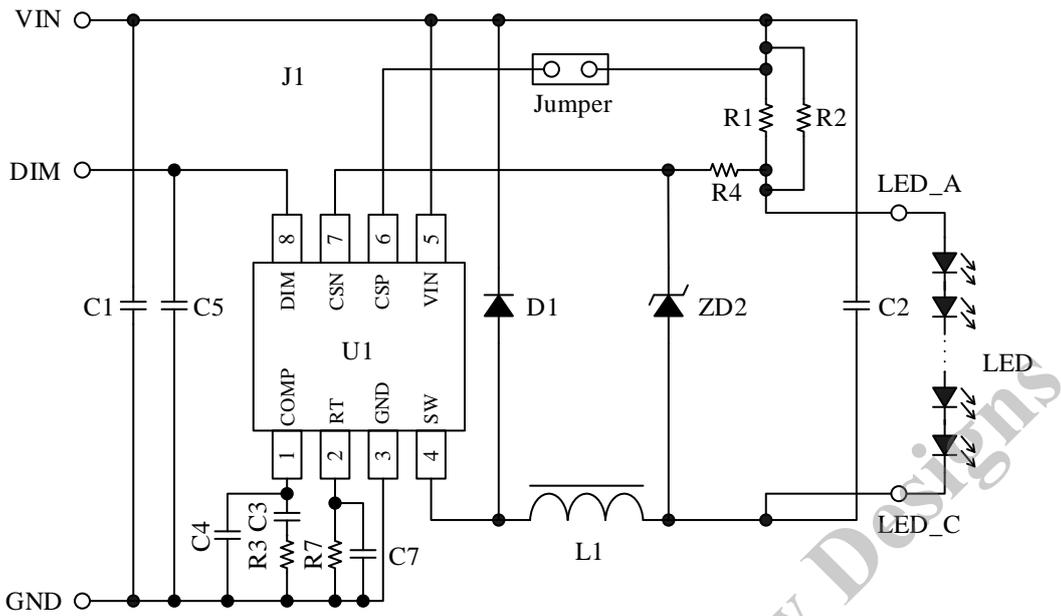
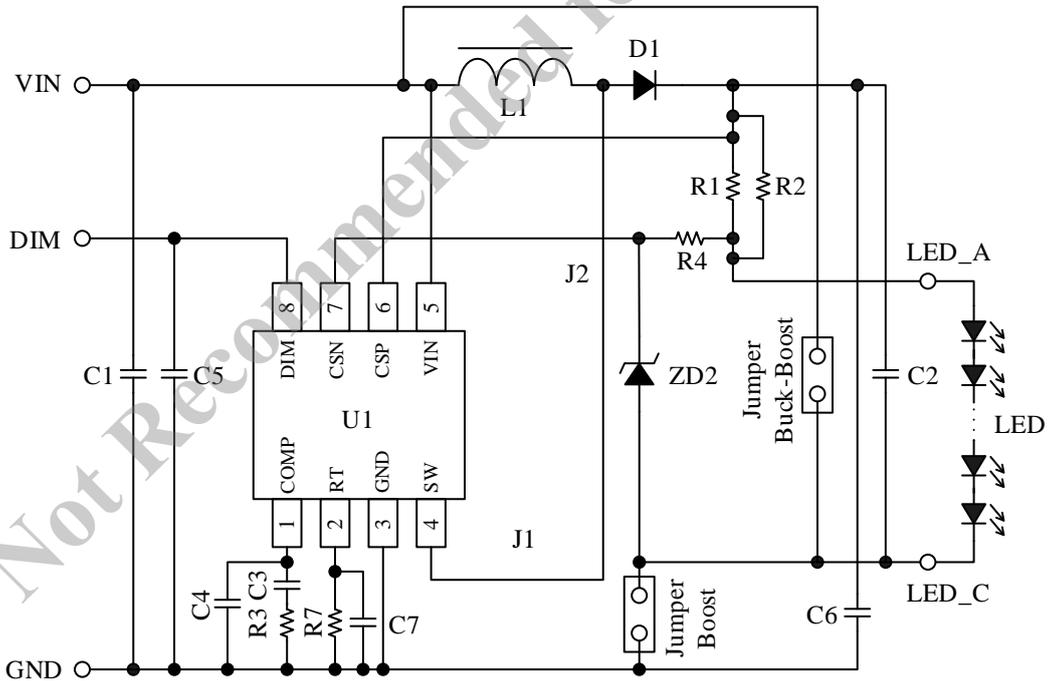


図 11-2 昇圧／昇降圧用パターンレイアウト例



R5 および R6 はオープン、J1 は挿入します。

図 11-3 降圧回路用パターンレイアウト例回路図



昇圧方式の場合、J2 はオープン、J1 は挿入します。
昇降圧方式の場合、J1 はオープン、J2 は挿入します。

図 11-4 昇圧／昇降圧用パターンレイアウト例回路図

12. 代表特性例

特記がない場合の条件は、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ です。

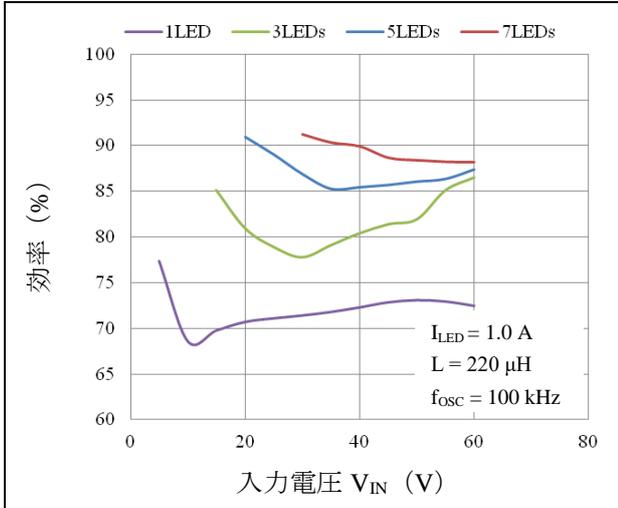


図 12-1 効率 (降圧方式)

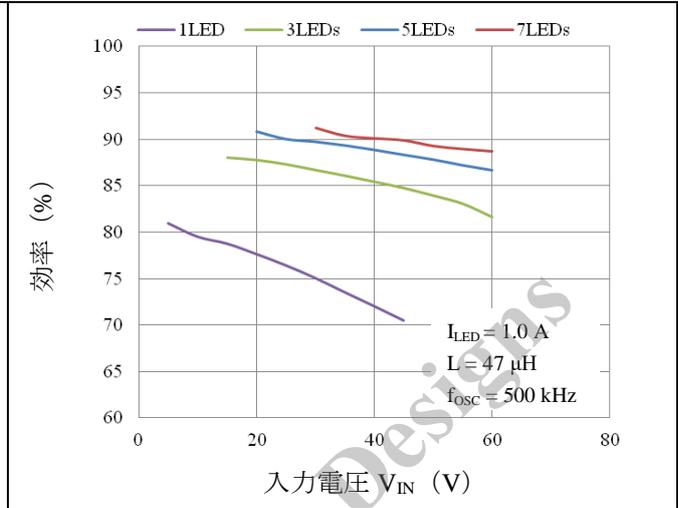


図 12-2 効率 (降圧方式)

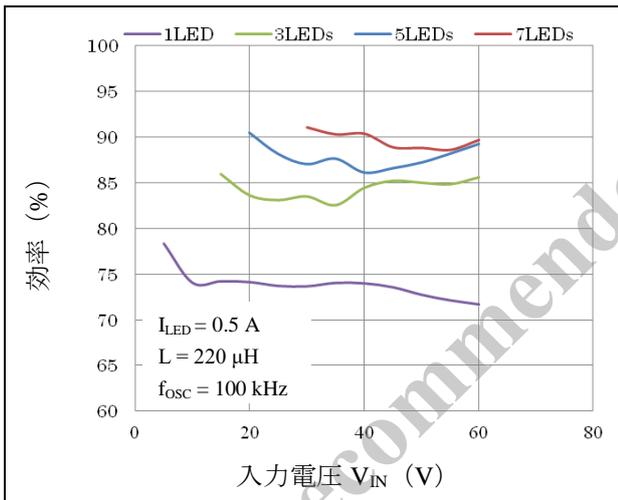


図 12-3 効率 (降圧方式)

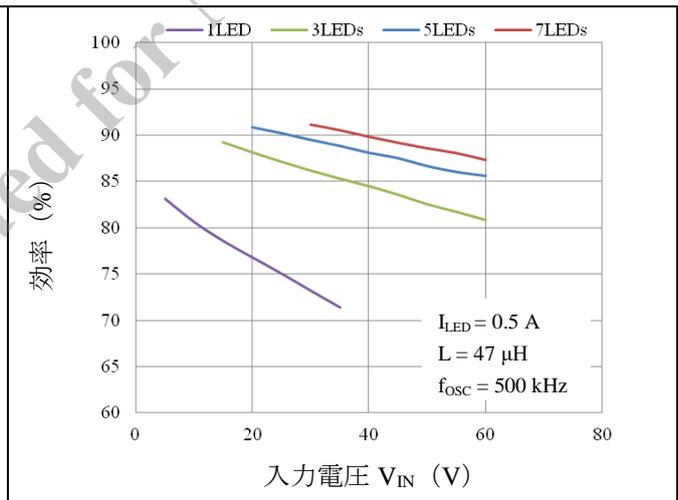


図 12-4 効率 (降圧方式)

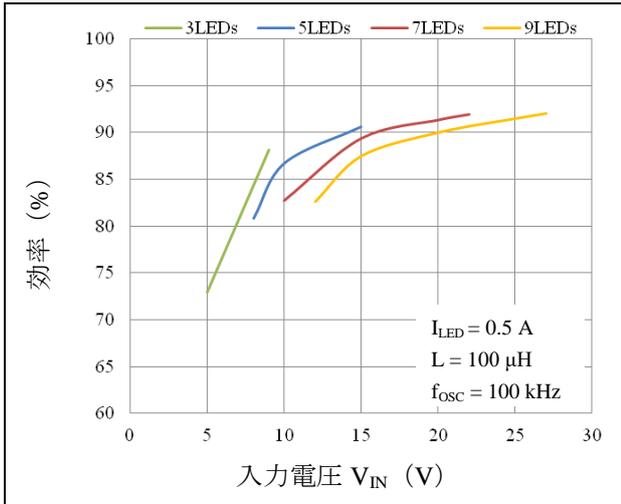


図 12-5 効率 (昇圧方式)

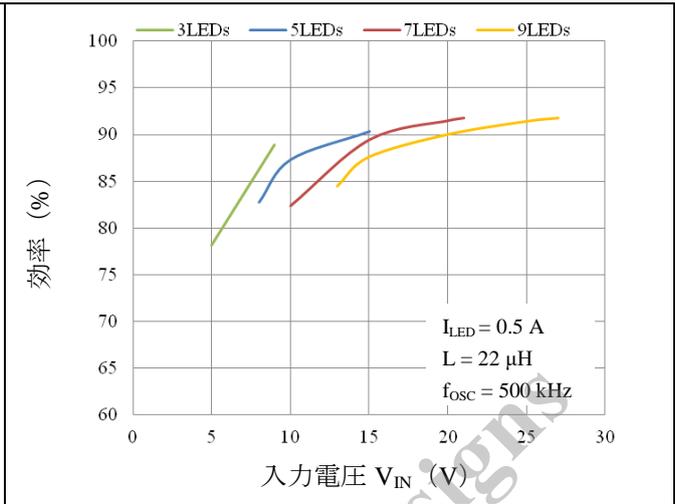


図 12-6 効率 (昇圧方式)

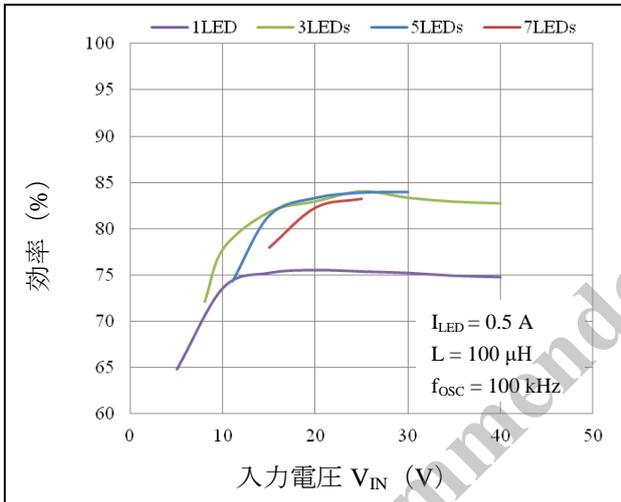


図 12-7 効率 (昇降圧方式)

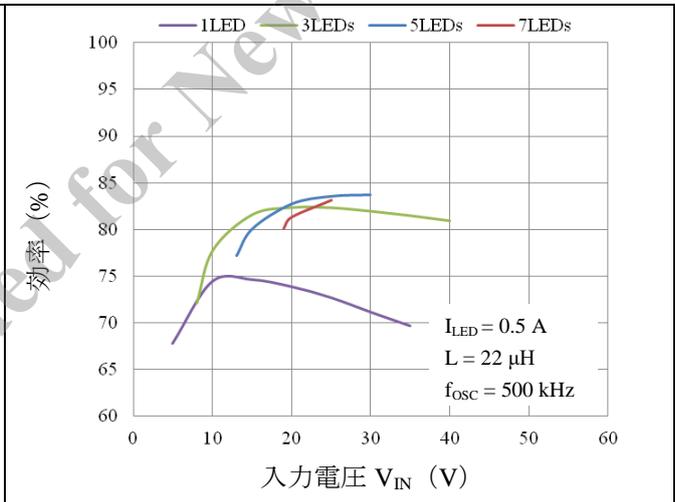


図 12-8 効率 (昇降圧方式)

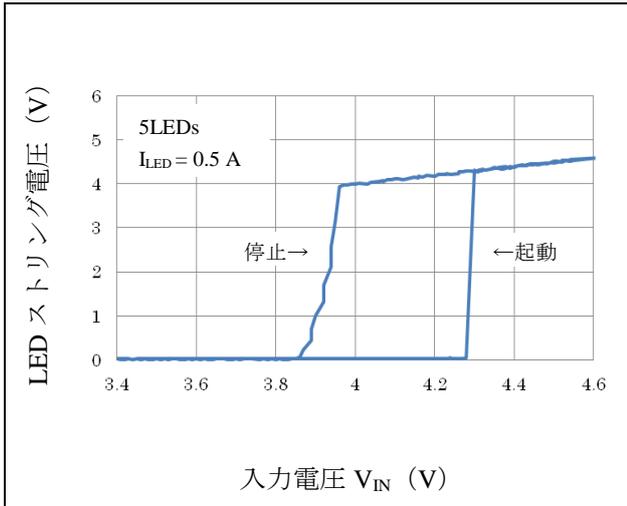


図 12-9 低入力電圧保護特性 (降圧方式)

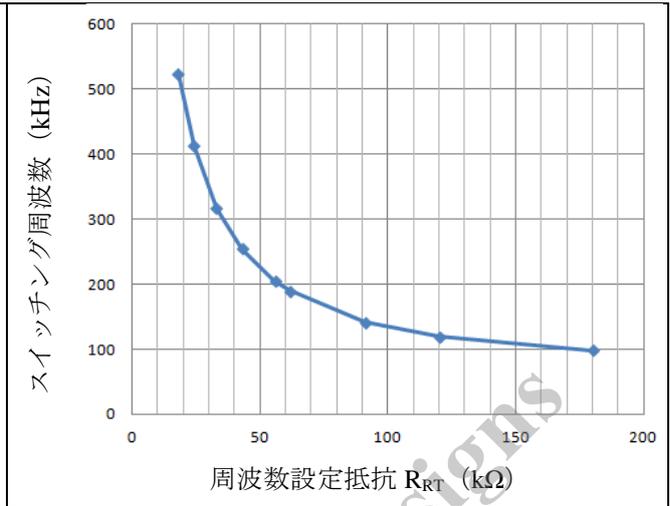


図 12-10 スwitching周波数特性

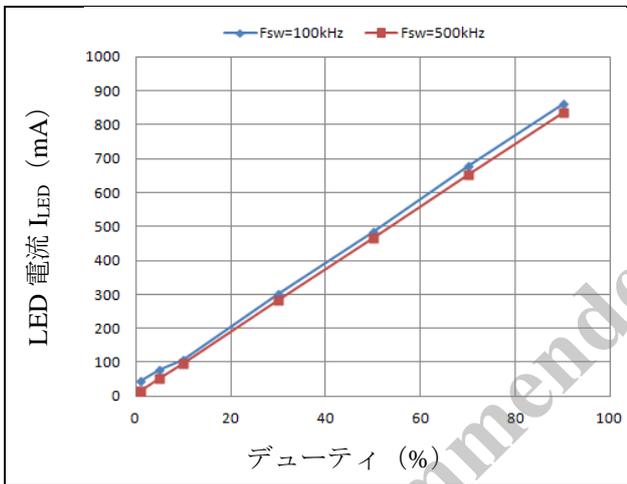


図 12-11 PWM デジタル調光特性
(調光周波数 = 1 kHz)

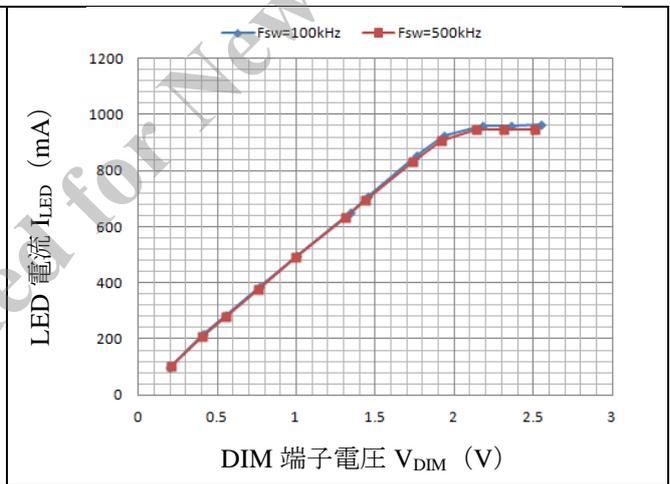


図 12-12 アナログ調光特性

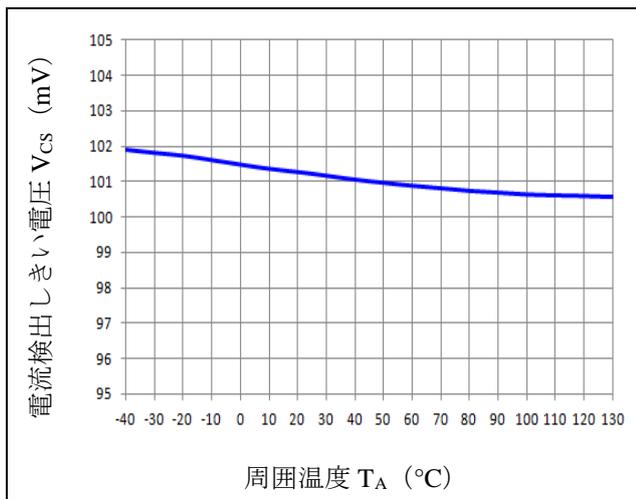


図 12-13 V_{CS} と T_A の関係

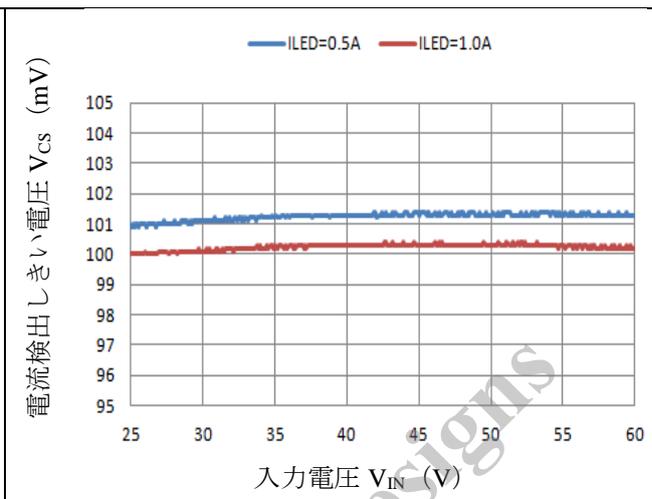


図 12-14 V_{CS} と V_{IN} の関係
(LED の直列接続数 : 5 個)

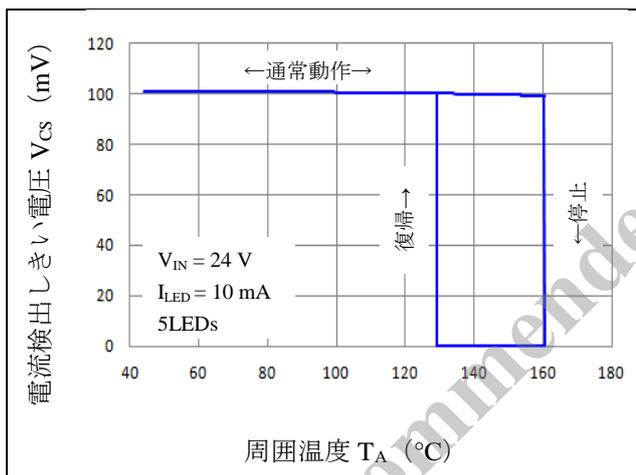


図 12-15 過熱保護特性

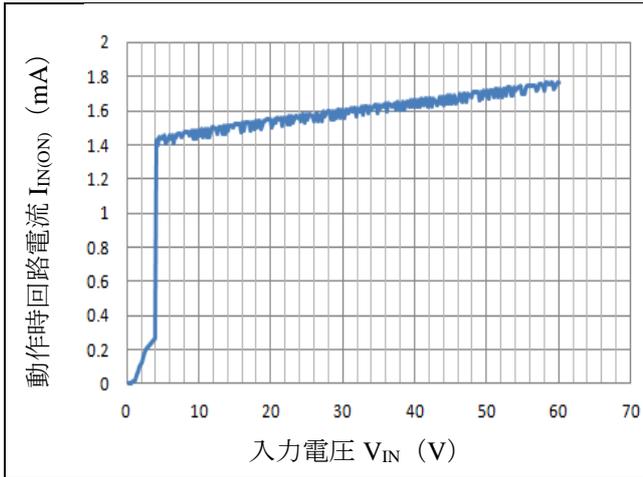


図 12-16 $I_{IN(ON)}$ と V_{IN} の関係
($R_{DIM} = 120 \text{ k}\Omega$)

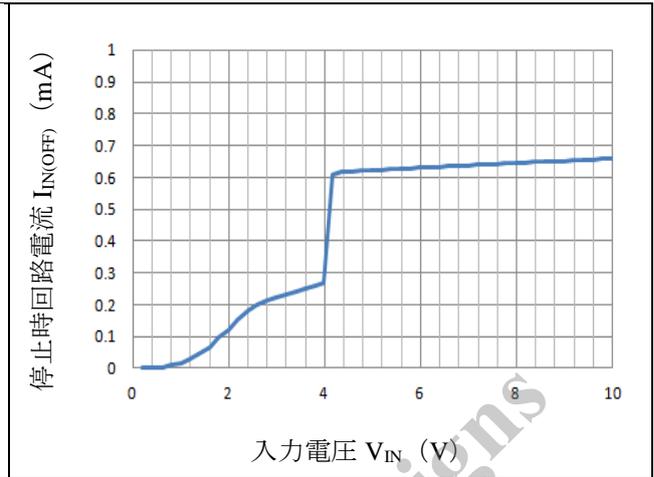


図 12-17 $I_{IN(OFF)}$ と V_{IN} の関係
($V_{DIM} = 0 \text{ V}$)

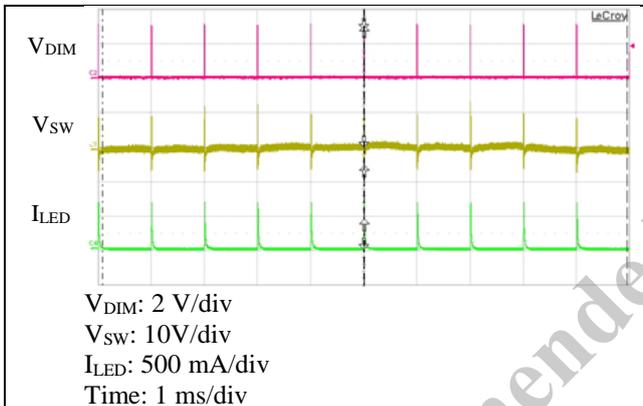


図 12-18 デジタル調光時の波形
(1 kHz/デューティ 5%)

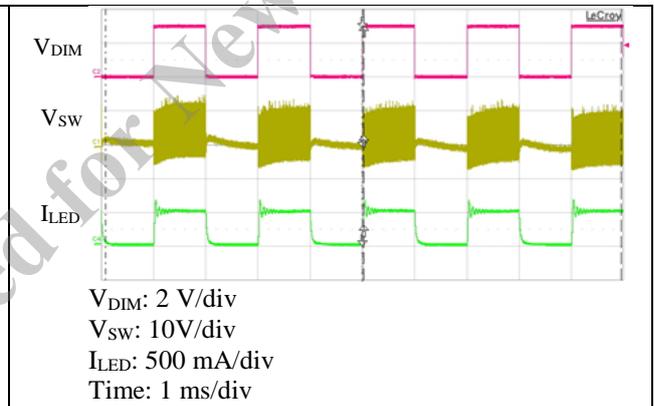


図 12-19 デジタル調光時の波形
(1 kHz/デューティ 50%)

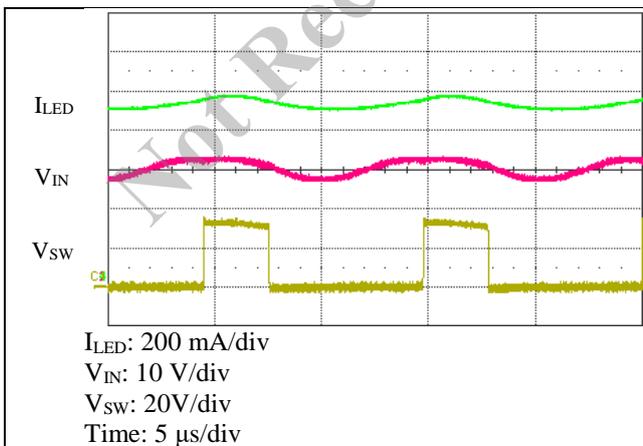


図 12-20 定常発振波形 (降圧方式、 $V_{IN} = 30 \text{ V}$ 、5LEDs、 $f_{OSC} = 100 \text{ kHz}$)

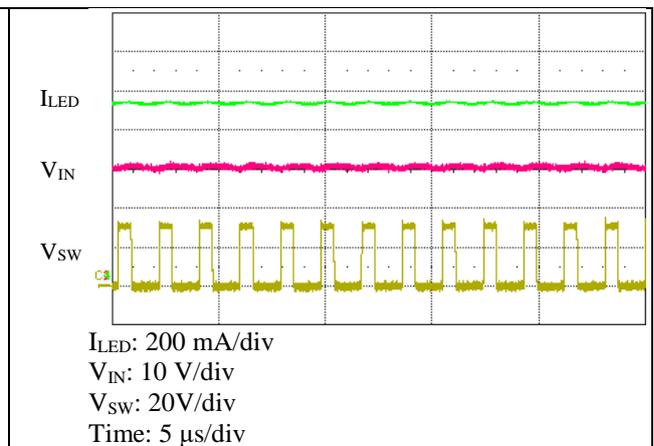


図 12-21 定常発振波形 (降圧方式、 $V_{IN} = 30 \text{ V}$ 、5LEDs、 $f_{OSC} = 500 \text{ kHz}$)

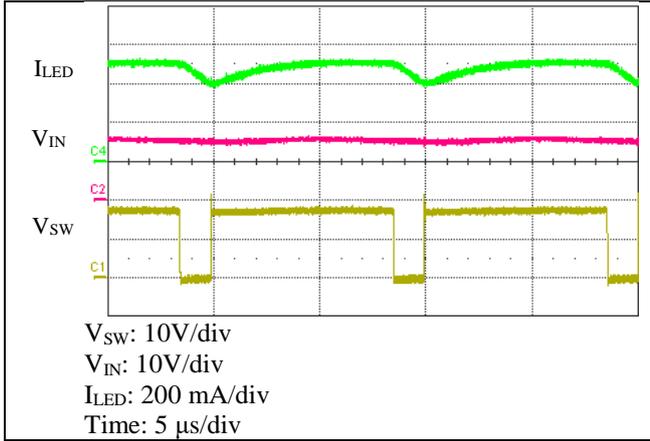


図 12-22 定常発振波形 (昇圧方式、 $V_{IN} = 15$ V、5LEDs、 $f_{OSC} = 100$ kHz)

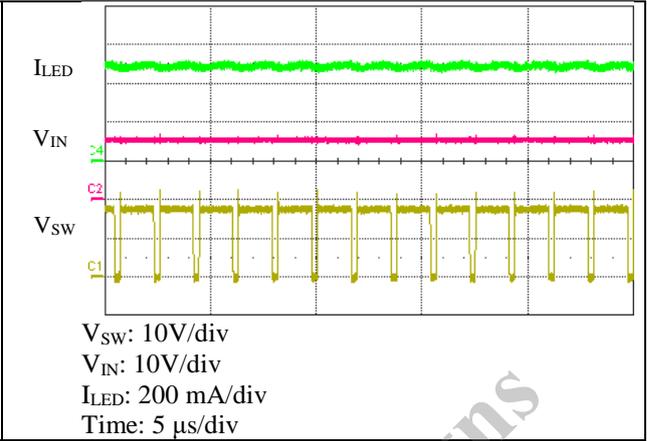


図 12-23 定常発振波形 (昇圧方式、 $V_{IN} = 15$ V、5LEDs、 $f_{OSC} = 500$ kHz)

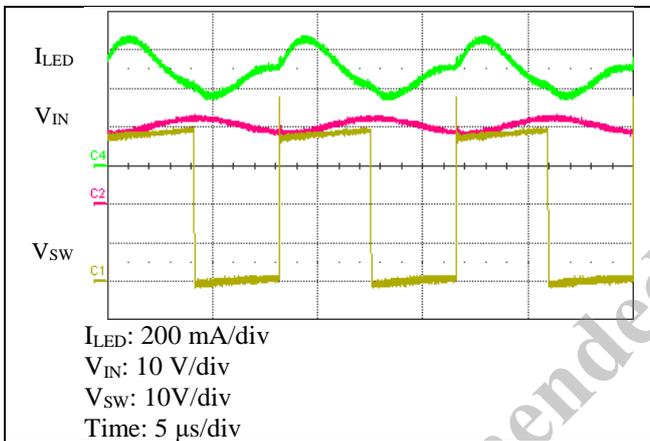


図 12-24 定常発振波形 (昇降圧方式、 $V_{IN} = 20$ V、5LEDs、 $f_{OSC} = 100$ kHz)

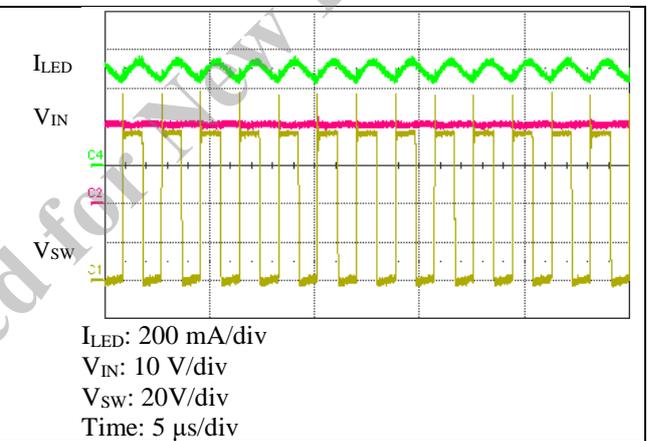


図 12-25 定常発振波形 (昇降圧方式、 $V_{IN} = 20$ V、5LEDs、 $f_{OSC} = 500$ kHz)

注意書き

- 本書に記載している製品（以下、「本製品」という）のデータ、図、表、およびその他の情報（以下、「本情報」という）は、本書発行時点のものであります。本情報は、改良などで予告なく変更することがあります。本製品を使用する際は、本情報が最新であることを弊社販売窓口を確認してください。
- 本製品は、一般電子機器（家電製品、事務機器、通信端末機器、計測機器など）の部品に使用されることを意図しております。本製品を使用する際は、納入仕様書に署名または記名押印のうえ、返却をお願いします。高い信頼性が要求される装置（輸送機器とその制御装置、交通信号制御装置、防災装置、防犯装置、各種安全装置など）に本製品を使用することを検討する際は、必ず事前にその使用の適否について弊社販売窓口へ相談いただき、納入仕様書に署名または記名押印のうえ、返却をお願いします。本製品は、極めて高い信頼性が要求される機器または装置（航空宇宙機器、原子力制御、その故障や誤動作が生命や人体に危害を及ぼす恐れのある医療機器（日本における法令でクラスⅢ以上）など）（以下「特定用途」という）に使用されることは意図されておられません。特定用途に本製品を使用したことでお客様または第三者に生じた損害などに関して、弊社は一切その責任を負いません。
- 本製品を使用するにあたり、本製品に他の製品や部材を組み合わせる際、あるいはこれらの製品に物理的、化学的、その他の何らかの加工や処理を施す際は、使用者の責任においてそのリスクを必ず検討したうえで行ってください。
- 弊社は、品質や信頼性の向上に努めていますが、半導体製品は、ある確率で欠陥や故障が発生することは避けられません。本製品が故障し、その結果として人身事故、火災事故、社会的な損害などが発生しないように、故障発生率やディレーティングなどを考慮したうえで、使用者の責任において、本製品が使用される装置やシステム上で、十分な安全設計および確認を含む予防措置を必ず行ってください。ディレーティングについては、納入仕様書および弊社ホームページを参照してください。
- 本製品は、耐放射線設計をしておりません。
- 本書に記載している回路定数、動作例、回路例、パターンレイアウト例、設計例、推奨例、本書に記載しているすべての情報、およびこれらに基づく評価結果などは、使用上の参考として示したものです。
- 本情報に起因する使用者または第三者のいかなる損害、および使用者または第三者の知的財産権を含む財産権とその他一切の権利の侵害問題について、弊社は一切その責任を負いません。
- 本情報を、文書による弊社の承諾なしに転記や複製をすることを禁じます。
- 本情報について、弊社の所有する知的財産権およびその他の権利の実施、使用または利用を許諾するものではありません。
- 使用者と弊社との間で別途文書による合意がない限り、弊社は、本製品の品質（商品性、および特定目的または特別環境に対する適合性を含む）ならびに本情報（正確性、有用性、および信頼性を含む）について、明示的か黙示的かを問わず、いかなる保証もしておりません。
- 本製品を使用する際は、特定の物質の含有や使用を規制する RoHS 指令など、適用される可能性がある環境関連法令を十分に調査したうえで、当該法令に適合するように使用してください。
- 本製品および本情報を、大量破壊兵器の開発を含む軍事用途やその他軍事利用の目的で使用しないでください。また、本製品および本情報を輸出または非居住者などに提供する際は、「米国輸出管理規則」や「外国為替及び外国貿易法」など、各国で適用される輸出管理法令などを遵守してください。
- 弊社物流網以外における本製品の落下などの輸送中のトラブルについて、弊社は一切その責任を負いません。
- 本書は、正確を期すために慎重に製作したのですが、本書に誤りがないことを保証するものではありません。万一、本情報の誤りや欠落に起因して、使用者に損害が生じた場合においても、弊社は一切その責任を負いません。
- 本製品を使用する際の一般的な使用上の注意は弊社ホームページを、特に注意する内容は納入仕様書を参照してください。
- 本書で使用されている個々の商標、商号に関する権利は、弊社を含むその他の原権利者に帰属します。