LC5550LD シリーズ
アプリケーションノート　Rev.1.2

Not Recommended for New Designs

サンケン電気株式会社
SANKEN ELECTRIC CO., LTD.
http://www.sanken-ele.co.jp

目次

概要---------- 3

1. 絶対最大定格---------- 4

2. 電気的特性---------- 5
   2.1 制御部電気的特性 ---------- 5
   2.2 MOSFET 部電気的特性---------- 5

3. ブロックダイアグラム ---------- 6

4. 各端子機能---------- 6

5. 応用回路例---------- 7

6. 外形寸法---------- 8

7. 捺印仕様---------- 8

8. 動作説明---------- 9
   8.1 起動動作 ---------- 9
   8.2 オン幅制御動作----------13
   8.3 PWM 動作----------14
   8.4 擬似共振動作 ----------15
   8.5 過電圧保護機能 （OVP）----------17
   8.6 VCC 端子過電圧保護機能（V_{CC}_OVP）----------17
   8.7 OCP 端子過電圧保護機能（OCP_OVP）----------18
   8.8 過負荷保護機能 （OLP）----------19
   8.9 過電流保護機能（OCP）----------20
   8.10 過熱保護機能(TSD) ----------21
   8.11 最大オン時間制限機能----------21

9. 回路部品の定数設定に関する注意事項 ----------22

注意書き----------23

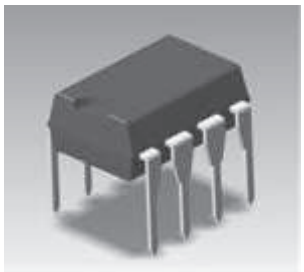
Not Recommended for New Designs

概要

LC5550LD シリーズは、PWM 方式と、擬似共振方式に対応可能な非絶縁用のバック LED ドライバ IC です。本 IC は、パワーMOSFET と制御 IC を 1 パッケージにしており、回路は、1 コンバータ方式で小型化に対応します。また、平均電流制御により高力率です。充実した保護機能により構成部品が少なく、コストパ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

DIP8



特長

- 制御は PWM 方式と、擬似共振方式に対応
- オン幅制御回路内蔵
  （平均電流制御により高力率が可能）
- ソフトスタート機能内蔵
- バイアスアシスト機能内蔵
  （起動性の向上、動作時の Vcc 電圧低下を抑制、Vcc コンデンサの低容量化、制御回路電源をセラミックコンデンサでバックアップが可能）
- リーディング・エッジ・ブランキング機能内蔵
- 最大オン時間制限回路内蔵
- 保護機能
  過電流保護(OCP) ------- パルス・バイ・パルス
  過電圧保護(OVP) ------- ラッチ
  過負荷保護(OLP) ------- ラッチ
  過熱保護(TSD) ---------- ラッチ

アプリケーション

- LED 照明機器
- LED 電球

シリーズラインアップ

製品名	MOSFET		PWM 動作周波数 f_{OSC} (TYP)	最大オン時間 $t_{ON(MAX)}$ (TYP)	P_{OUT}* AC230V / Universal
	V_{DSS} (MIN)	$R_{DS(ON)}$ (MAX)			
LC5555LD	650V	3.95Ω	72kHz	9.3μs	13W / 10W
LC5556LD	650V	1.9Ω	60kHz	11.2μs	20W / 16W

*上記出力電力は熱定格にもとづいています。最大出力電力は、熱定格の 120%～140%程度まで出力可能です。ただし、電流値が大きい場合は、出力電力の制限を受ける事があります。

Not Recommended for New Designs

1. 絶対最大定格

- 詳細内容は、製品ごとの仕様書を参照願います
- 電流値の極性は IC を基準として、シンクが(+)、ソースが(−)と規定します
- 特記のない場合の条件 Ta=25°C

項 目	端子	記 号	規格値	単位	備 考
ドレイン電流	8 – 1	I_{DPEAK}	2.5	A	LC5555LD
			4.0	A	LC5556LD
アバランシェ・エネルギ耐量	8 – 1	E_{AS}	47	mJ	LC5555LD
			86	mJ	LC5556LD
制御部電源電圧	2 – 1	V_{CC}	35	V	
OCP 端子電圧	3 – 1	V_{OCP}	−2.0～+5.0	V	
COMP 端子電圧	4 – 1	V_{COMP}	−0.3～+7.0	V	
ISENSE 端子電圧	6 – 1	V_{SEN}	−0.3～+5.0	V	
MOSFET 部許容損失	8 – 1	P_{D1}	0.97	W	基板実装時 基板サイズ 15mm×15mm
動作周囲温度	—	T_{OP}	−55～+125	°C	
保存温度	—	T_{stg}	−55～+125	°C	
チャネル温度	—	T_{ch}	+150	°C	

Not Recommended for New Designs

2. 電気的特性

- 詳細内容は、製品ごとの仕様書を参照願います
- 電流値の極性は IC を基準として、シンクが(+)、ソースが(−)と規定します

2.1 制御部電気的特性

特記のない場合の条件 Ta=25°C、V_{CC}=20V

項目	端子	記号	規格値 MIN	規格値 TYP	規格値 MAX	単位	備考
電源起動動作							
動作開始電源電圧	2 – 1	$V_{CC(ON)}$	13.8	15.1	17.3	V	
動作停止電源電圧 *	2 – 1	$V_{CC(OFF)}$	8.4	9.4	10.7	V	
動作時回路電流	2 – 1	$I_{CC(ON)}$	—	—	4.7	mA	
起動回路動作電圧	8 – 1	$V_{STARTUP}$	18	21	24	V	
起動電流	2 – 1	$I_{CC(STARTUP)}$	−8.5	−4.0	−1.5	mA	V_{CC}= 13V
起動電流供給しきい電圧 *	2 – 1	$V_{CC(BIAS)}$	9.5	11.0	12.5	V	
通常動作							
PWM 動作周波数	8 – 1	f_{OSC}	60	72	84	kHz	LC5555LD
			50	60	70	kHz	LC5556LD
最大オン時間	8 – 1	$t_{ON(MAX)}$	8.0	9.3	11.2	μs	LC5555LD
			9.0	11.2	13.4	μs	LC5556LD
COMP 端子制御下限電圧	4 – 1	$V_{COMP(MIN)}$	0.30	0.55	0.80	V	
エラーアンプ基準電圧	6 – 1	$V_{SEN(TH)}$	−0.21	−0.2	−0.19	V	
エラーアンプソース電流	4 – 1	$I_{SEN(SOURCE)}$	−36	−24	−12	μA	
エラーアンプシンク電流	4 – 1	$I_{SEN(SINK)}$	12	24	36	μA	
リーディング・エッジ・ブランキング時間	3 – 1	$t_{ON(LEB)}$	—	600	—	ns	
擬似共振動作しきい電圧 1	3 – 1	$V_{BD(TH1)}$	0.14	0.24	0.34	V	
擬似共振動作しきい電圧 2	3 – 1	$V_{BD(TH2)}$	0.11	0.16	0.21	V	
保護動作							
過電流検出しきい電圧	3 – 1	V_{OCP}	−0.92	−0.8	−0.68	V	
OCP 端子流出電流	3 – 1	I_{OCP}	−120	−40	−10	μA	
OCP 端子 OVP しきい電圧	3 – 1	$V_{BD(OVP)}$	2.2	2.6	3.0	V	
OLP しきい電圧	4 – 1	$V_{COMP(OLP)}$	4.1	4.5	4.9	V	
VCC 端子 OVP しきい電圧	2 – 1	$V_{CC(OVP)}$	28.5	31.5	34.0	V	
熱保護動作温度	—	$T_{j(TSD)}$	135	—	—	°C	

*個々の製品においては、$V_{CC(BIAS)}$> $V_{CC(OFF)}$の関係が成り立つ

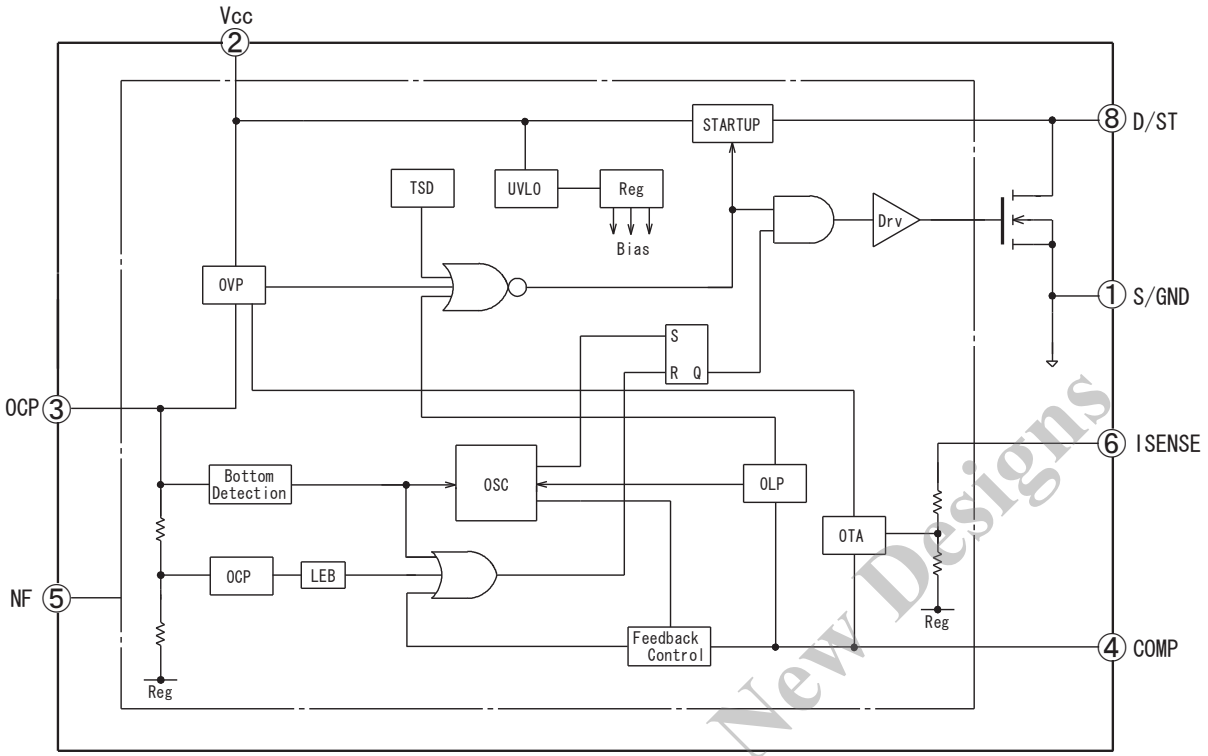
2.2 MOSFET 部電気的特性

特記のない場合の条件 Ta=25°C

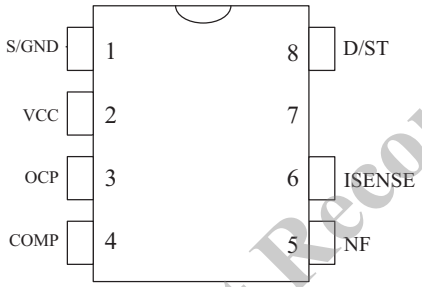
項目	端子	記号	規格値 MIN	規格値 TYP	規格値 MAX	単位	備考
ドレイン・ソース間電圧	8 – 1	V_{DSS}	650	—	—	V	
ドレイン漏れ電流	8 – 1	I_{DSS}	—	—	300	μA	
ON 抵抗	8 – 1	$R_{DS(ON)}$	—	—	3.95	Ω	LC5555LD
			—	—	1.9	Ω	LC5556LD
スイッチング・タイム	8 – 1	t_f	—	—	250	ns	LC5555LD
			—	—	400	ns	LC5556LD
熱抵抗	—	θ_{ch-c}	—	—	42	°C/W	LC5555LD
			—	—	35.5	°C/W	LC5556LD

Not Recommended for New Designs

3. ブロックダイアグラム



4. 各端子機能



端子番号	記号	機能
1	S/GND	MOSFET ソース／制御部 GND
2	VCC	制御回路電源入力／過電圧保護信号入力
3	OCP/BD	過電流保護／擬似共振信号入力 ／過電圧保護信号入力
4	COMP	フィードバック位相補償
5	NF	（機能なし*）
6	ISENSE	フィードバック電流検出
7	—	（抜きピン）
8	D/ST	MOSFET ドレイン／起動電流入力

*NF（5 番端子）は、動作安定のため安定電位である S/GND パターン（1 番端子電位）へ最短距離で接続

Not Recommended for New Designs

5. 応用回路例

LC5550LD シリーズは、PWM 方式と擬似共振方式の非絶縁バックコンバータを構成することができる IC です。
図 5-1 は PWM 方式の応用回路例です。動作の詳細は“8.3 PWM 動作“を参照してください。
図 5-2 に擬似共振方式の応用回路例を示します。擬似共振方式は、PWM 方式の回路構成に遅延回路(D7, D8, R7, C8)を追加します。これにより、起動時に出力電圧が立ち上がるとともに OCP/BD 端子電圧が上昇します。OCP/BD 端子電圧が擬似共振動作しきい電圧に達すると、PWM 動作から擬似共振動作に切り替わります。動作の詳細は“8.4 擬似共振動作“を参照してください。

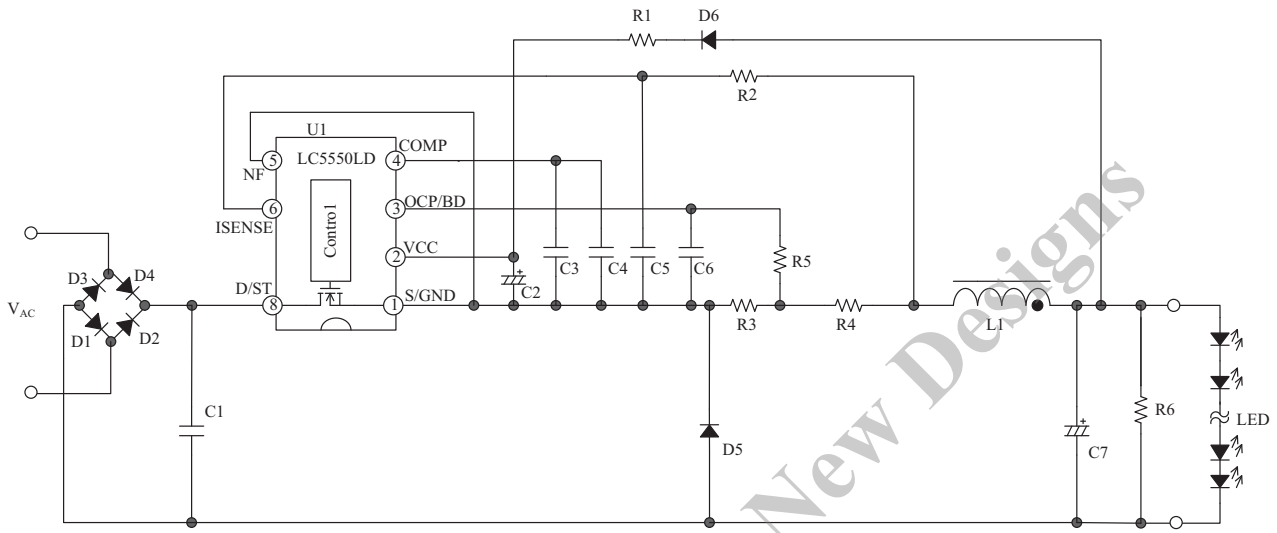


図 5-1 応用回路例 1 PWM 方式

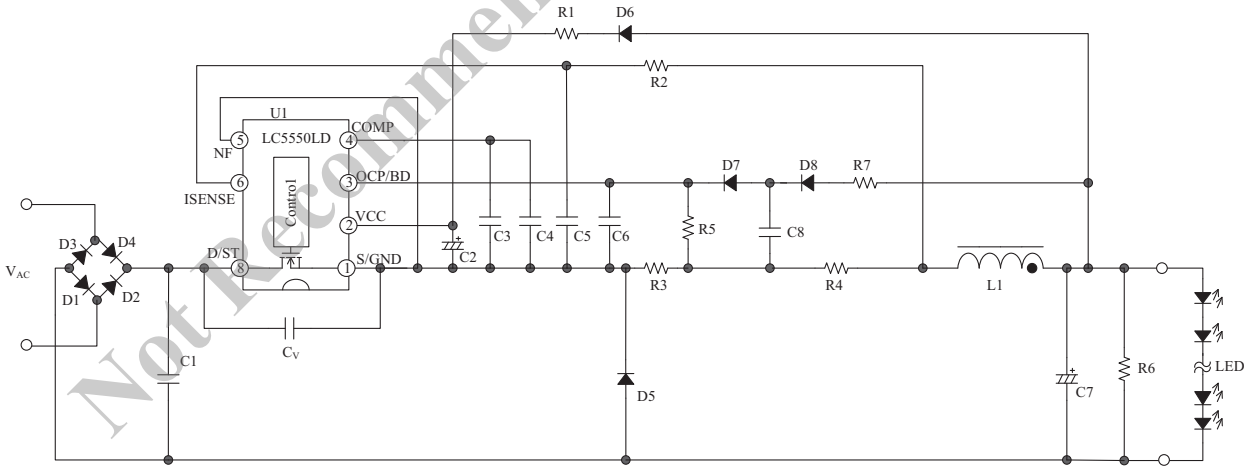
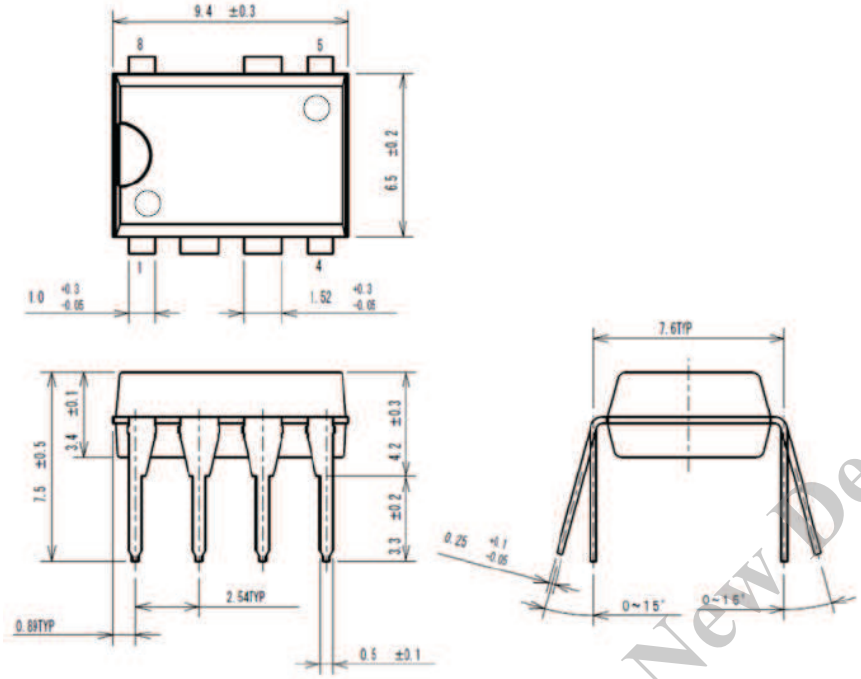


図 5-2 応用回路例 2 擬似共振方式

Not Recommended for New Designs

6. 外形寸法

DIP8

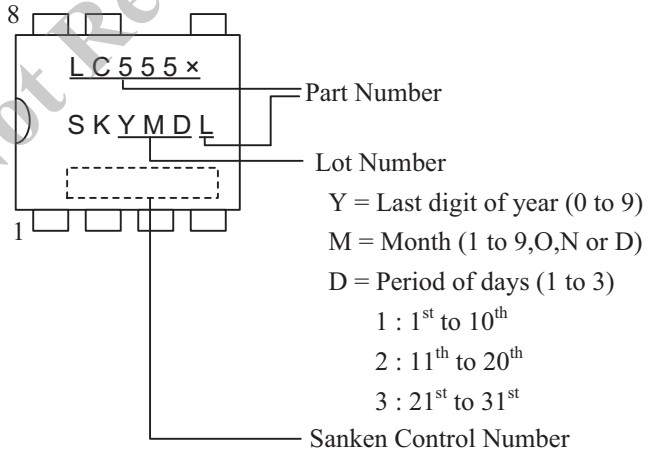


Not Recommended for New Designs

NOTES:

1) 単位:mm
2) Pb フリー品(RoHS 対応)です

7. 捺印仕様



8. 動作説明

電流値の極性は、IC を基準としてシンクを“+”、ソースを“−”と規定します。
特記がない場合の特性数値は、LC5555LD の仕様に準じ、TYP 値を表記します。

8.1 起動動作

8.1.1 起動時間

図 8-1 に VCC 端子周辺回路を示します。バックコンバータは回路の構成上、出力電圧 Vo から IC の電源を供給することが可能です。 IC は起動回路を内蔵し、起動回路は D/ST 端子に接続しています。IC 内部で定電流化した起動電流 $I_{CC(STARTUP)}$= −4.0mA は、VCC 端子に接続した電解コンデンサ C2 を充電し、VCC 端子電圧が動作開始電圧 $V_{CC(ON)}$= 15.1V まで上昇すると、IC は動作を開始します。電源起動後、IC 内部で自動的に起動回路が遮断し、起動回路による電力消費はなくなります。

起動時間は、C2 のコンデンサ容量で決まります。C2 は、セラミックコンデンサもしくはフィルムコンデンサを使用し、一般的な電源仕様の場合、0.22μF～22μF 程度になります。起動時間の概算値は、次式(1)で算出します。

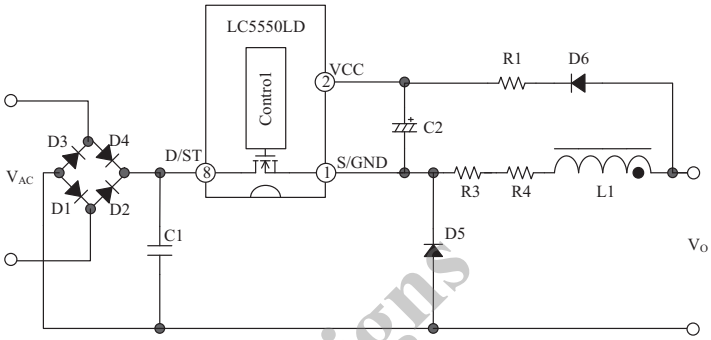


図 8-1 VCC 端子周辺回路

$$t_{START} \fallingdotseq C2 \times \frac{V_{CC(ON)} - V_{CC(INT)}}{\left|I_{CC(STARTUP)}\right|} \qquad \text{----------(1)}$$

ここで、 t_{START} ： 起動時間（s）
$V_{CC(INT)}$ ： VCC 端子の初期電圧（V）

8.1.2 低入力動作禁止回路（UVLO：Undervoltage Lockout）

図 8-2 に VCC 端子電圧と回路電流 I_{CC} の関係を示します。VCC 端子電圧が $V_{CC(ON)}$= 15.1V に達すると、制御回路動作を開始し、回路電流が増加します。制御回路動作後、VCC 端子電圧が動作停止電圧 $V_{CC(OFF)}$= 9.4V に低下すると、低入力時動作禁止（UVLO：Undervoltage Lockout）回路により制御回路動作を停止し、再び起動前の状態に戻ります。

定常動作時は、電源仕様の入出力変動範囲内で、VCC 端子電圧が次式の範囲になるように調整します。目安としては 20V 程度となります。

$$12.5(V)\left(V_{CC(BIAS)MAX}\right) < V_{CC} < 28.5(V)\left(V_{CC(OVP)MIN}\right)$$

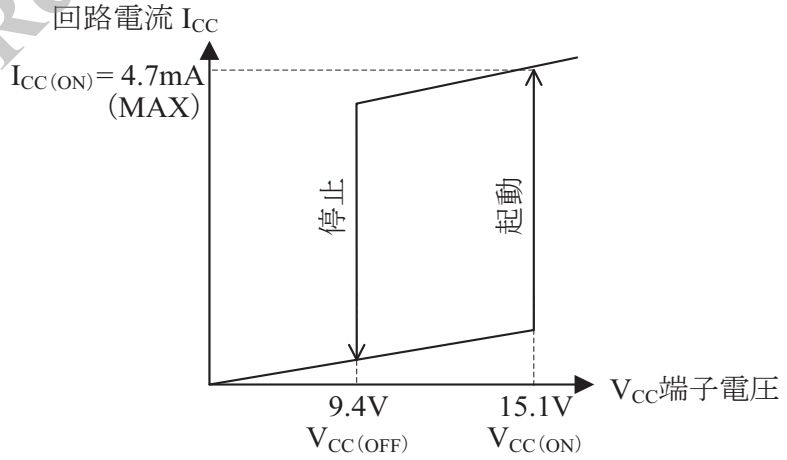


図 8-2 VCC 端子電圧と回路電流 I_{CC}

Not Recommended for New Designs

出力電圧が、電源仕様の入出力変動範囲内で上記の範囲内の場合は、V_Oから直接ICの電源を供給することが可能です（図 8-1）。
出力電圧が上記の範囲を超える場合、ツェナーダイオード D7 を挿入して IC に電源を供給します（図 8-3）。出力電圧が高く、ツェナーダイオードの損失増加が懸念される場合、または出力電圧が上記電圧範囲より低い場合には、コイルをトランス構造にして VCC 端子用の巻き線を作成し、IC に電源を供給します（図 8-4）。

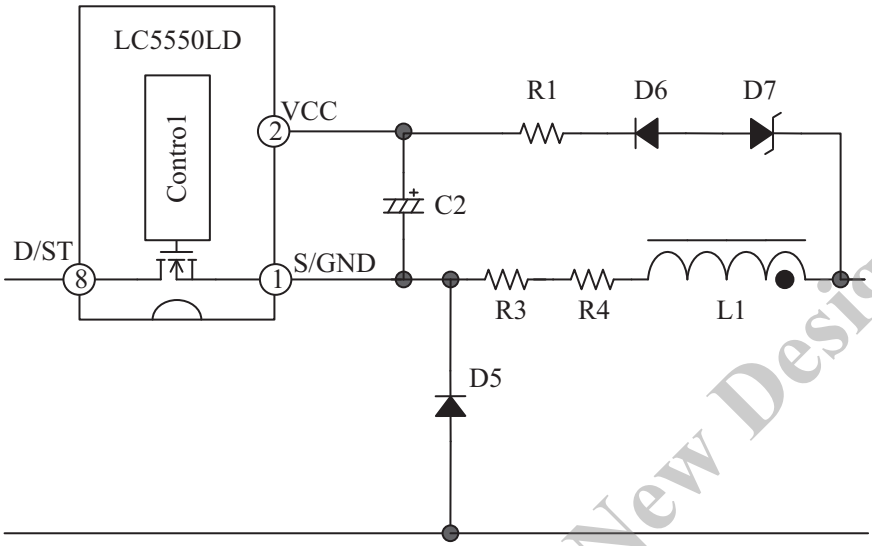


図 8-3 VCC 端子周辺回路（$V_{CC} > V_{CC(OVP)MIN}$ の場合）

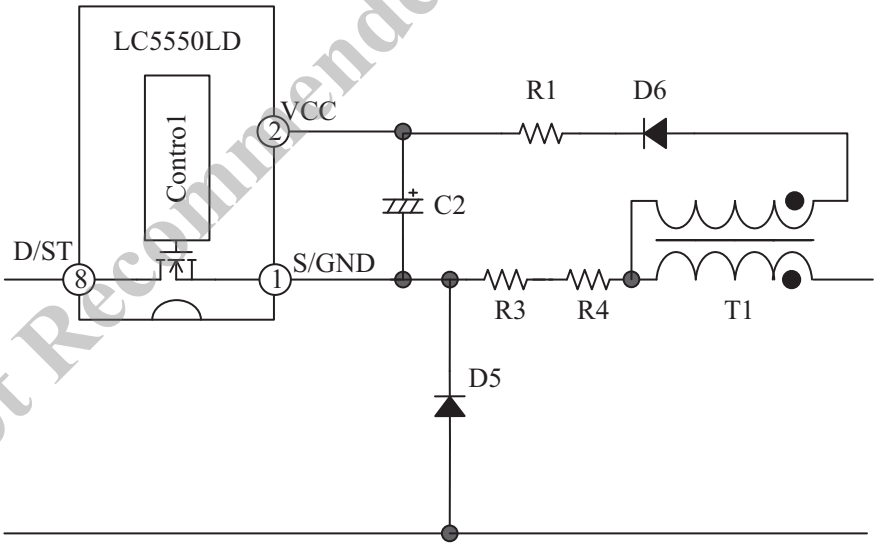


図 8-4 VCC 端子周辺回路（$V_{CC} < V_{CC(BIAS)MAX}$ または $V_{CC} > V_{CC(OVP)MIN}$ の場合）

Not Recommended for New Designs

8.1.3 バイアスアシスト機能

図 8-5 に電源起動時の VCC 端子電圧波形例を示します。

VCC 端子電圧が低下し、$V_{CC(OFF)}$= 9.4V に達すると制御回路が停止して起動不良が生じる場合があります。これを防ぐため、VCC 端子電圧が、起動電流供給しきい電圧 $V_{CC(BIAS)}$ = 11.0V に低下すると、バイアスアシスト機能が動作します。

バイアスアシスト機能は、VCC 端子電圧が $V_{CC(BIAS)}$ になると起動回路が起動電流を供給し、VCC 端子電圧の低下を抑え、VCC 端子電圧がほぼ一定電圧になるように動作します。

バイアスアシスト機能により、C2 は低い容量を使用できるため、電源投入時の起動時間を短くできます。また出力過電圧時に VCC 端子電圧の上昇が早くなるため、過電圧保護機能の応答時間も短縮できます。

なお、起動不良が起きないよう、最終的に実働動作で確認および調整が必要です。

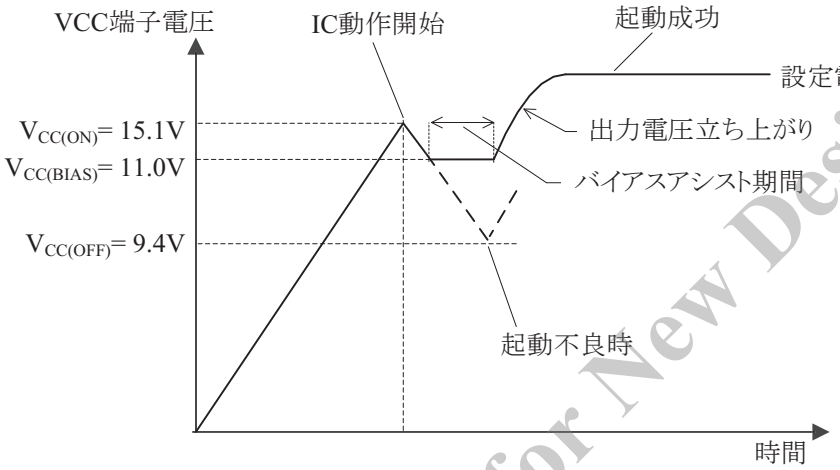


図 8-5 起動時の VCC 端子電圧

Not Recommended for New Designs

8.1.4 ソフトスタート機能

図 8-6 に起動時の動作波形を示します。 ソフトスタートの動作期間は、COMP 端子電圧が制御下限電圧 $V_{COMP(MIN)}$= 0.55V に達してから、出力電流を定電流制御するまでの期間で、徐々に出力電力が増加します。

電源起動時は、次の確認およびその調整が必要です。

- VCC 端子電圧が、動作停止電圧 $V_{CC(OFF)}$まで低下していないこと
- 過負荷保護機能（OLP）が動作する前に、出力電流が設定電流まで立ち上がっていること
  （このとき、COMP 端子電圧が OLP しきい電圧 $V_{COMP(OLP)}$= 4.5V 未満であること）

8.1.5 起動時の動作モード

IC 起動開始後、COMP 端子電圧が $V_{COMP(MIN)}$= 0.55V になると、PWM 動作でスイッチング動作を開始します。PWM 動作周波数 f_{OSC} は、72kHz （LC5556LD は 60kHz）です。

出力電圧が立ち上がるとともに、OCP 端子のプラス側電圧が増加し、擬似共振動作しきい電圧 1 $V_{BD(TH1)}$= 0.24V に達すると擬似共振動作（QR）に切り替わります。図 8-7 に、PWM 動作から擬似共振動作（QR）モードに切り替わるとき（図 8-6 の A 点）の OCP 端子電圧拡大波形を示します。

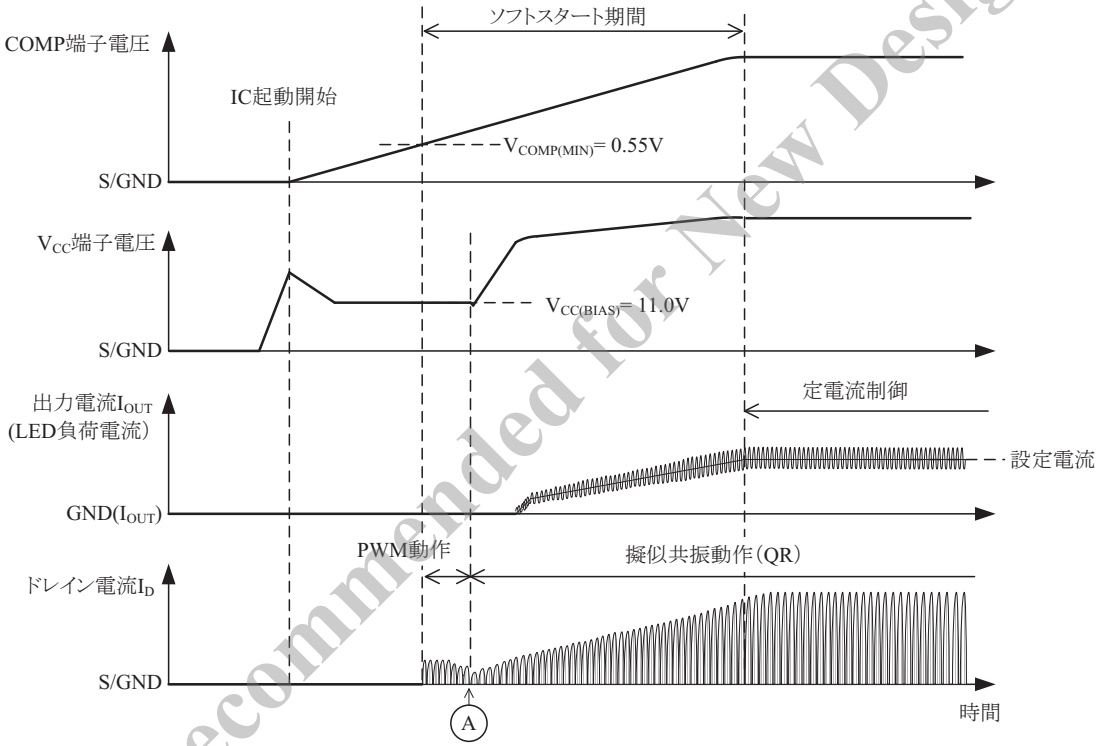


図 8-6 電源起動時の動作モード

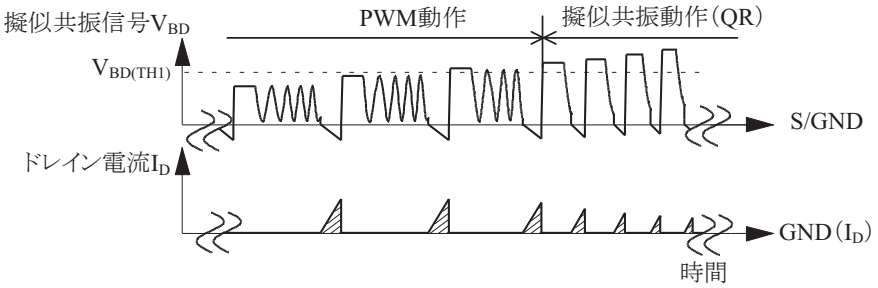


図 8-7 OCP 端子電圧拡大波形(A 点拡大)

Not Recommended for New Designs

8.2 オン幅制御動作

図 8-8 に LC5550LD の COMP 端子周辺回路、図 8-9 にオン幅制御方法を示します。

出力負荷に応じてオン幅を制御する電圧制御と平均電流制御により出力制御を行います。

図 8-9 に示すように、LC5550LD の平均電流制御は、定電流検出抵抗の電圧降下と内部エラーアンプ基準電圧 $V_{SEN(TH)}$= −0.2V を OTA 回路で比較し、COMP 端子で平均化した電圧を作ります。

この平均化した COMP 端子電圧を、FB コンパレータで IC 内部発振器（OSC）出力と比較し、オン幅制御を行います。この IC 内部発振器（OSC）とは、PWM 動作周波数、擬似共振発振、最大オン時間制限などを行う発振回路です。

COMP 端子に接続する C4 容量の推奨値は 1.0～4.7μF 程度です。R2 抵抗値の目安は、100～220Ω になります。

ISENSE 端子に接続する R2、C5 はフィルタを構成します。R2 の抵抗値が大きい場合には、ISENSE 端子の流出電流（およそ－40μA）によって LED 電流精度に影響がでますので R2 抵抗値の目安は～220Ω、C5 容量の目安は～0.1μF になります。

出力電流の定電流制御は、負荷に応じて次のように制御します。

- LED 負荷電流が設定電流より減少した場合
  負荷電流が設定電流より減少すると、ISENSE 端子電圧が低下し、OTA 回路出力を平均化した COMP 端子電圧が高くなります。このためオン幅が広くなり、出力電流が増加します。

- LED 負荷電流が設定電流より増加した場合
  負荷電流が設定電流より増加すると、上記と逆の動作になり、平均化した COMP 端子電圧が低くなります。このためオン幅が狭くなり、出力電流が減少します。

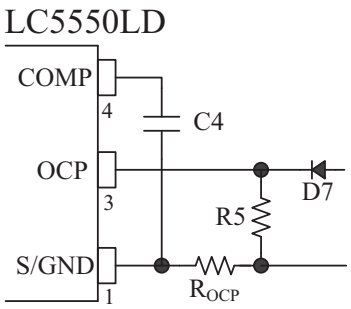


図 8-8 COMP 端子周辺回路

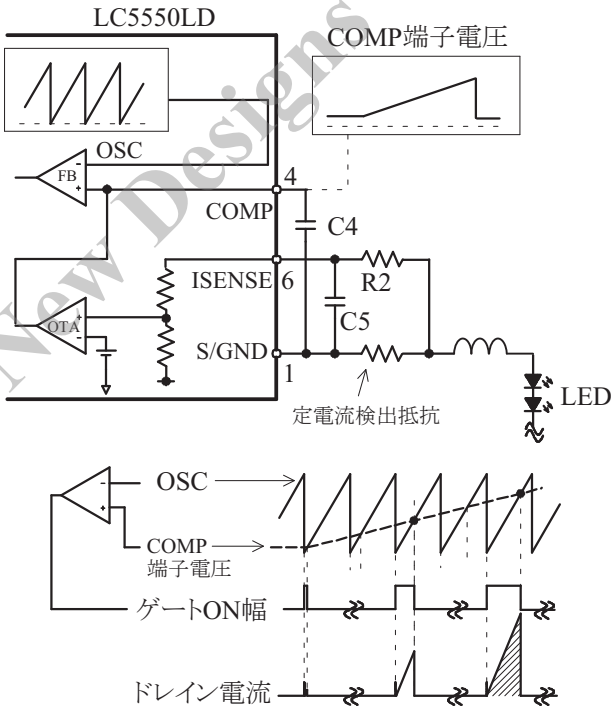


図 8-9 オン幅制御

図 8-10 に、平均入力電流波形を示します。

平均化した COMP 端子電圧は一定になり、E_{IN} 電圧（図 8-1 の C1 電圧）に合わせて Duty を制御するため、平均入力電流が正弦波になります。これにより、高力率を実現できます。

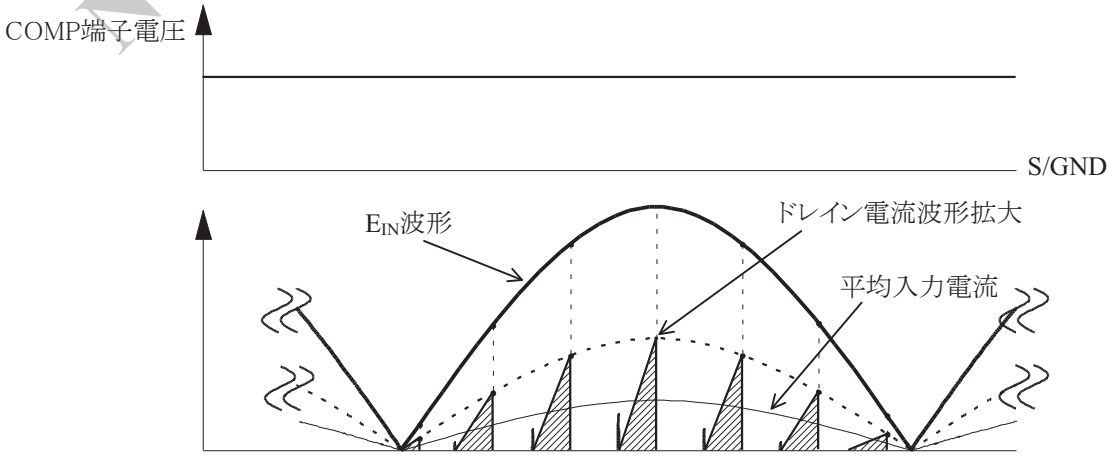


図 8-10 平均入力電流波形

Not Recommended for New Designs

8.3 PWM 動作

図 8-11 に PWM 動作時の波形を、図 8-12 に負荷電流経路を示します。図 8-11 の①～④のポイントの内部 PWM 電流制御は、以下になります。

①PWM オン期間

起動時、および設定した出力 MOSFET の電流値に到達していない状態では、出力 MOSFET がオンとなり、図 8-12 の I_{ON} で示す経路で電流が流れます。

②ターンオフ

LED 電流は R3、R4 で ISENSE 端子電圧 V_{ISENSE} として検出します。“8.2 オン幅制御動作“に示したように V_{ISENSE} 電圧から MOSFET のオン幅を制御し、MOSFET をターンオフします。

③PWM オフ期間

出力 MOSFET がターンオフすると、チョークコイル L1 に逆起電力が発生します。これにより、還流ダイオード D5 は順方向にバイアスされターンオンします。このように、PWM オン期間にチョークコイル L1 に蓄えたエネルギは、図 8-12 の I_{OFF} で示す経路を通って回生します。

④ターンオン

PWM 動作周期 ($t=1/f_{OSC}$) 経過後、出力 MOSFET が再度ターンオンし、①の PWM オン期間が開始します。

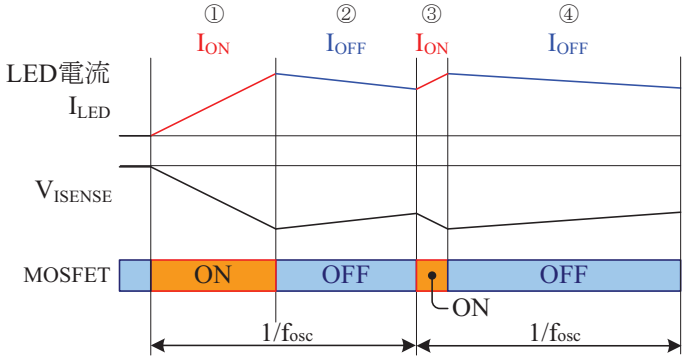


図 8-11 降圧コンバータの動作波形

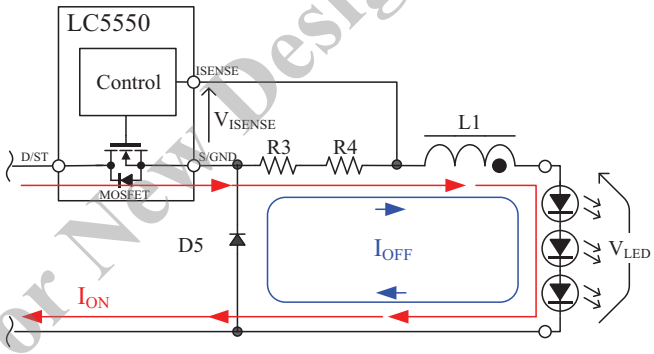


図 8-12 降圧コンバータの電流経路

Not Recommended for New Designs

8.4 擬似共振動作

図 8-13 に擬似共振方式の回路図を示します。図のバックコンバータ方式はパワーMOSFET がターンオフしたときにチョークコイル L1 に蓄えたエネルギを出力に供給する方式です。ドレインとソース間の電圧 V_{DS} は、L1 のインダクタンス L とドレインとソース間のコンデンサ C_V で決まる周波数で自由振動します

擬似共振動作とは、この自由振動の期間に、V_{DS} 電圧波形のボトム点でパワーMOSFET をターンオンする動作です（ボトムオン動作）。図 8-14 に、理想的なボトムオン動作時の V_{DS} 電圧波形を示します。ボトムオン動作により、スイッチング損失およびスイッチングノイズを低減し、高効率、低ノイズが実現できます。

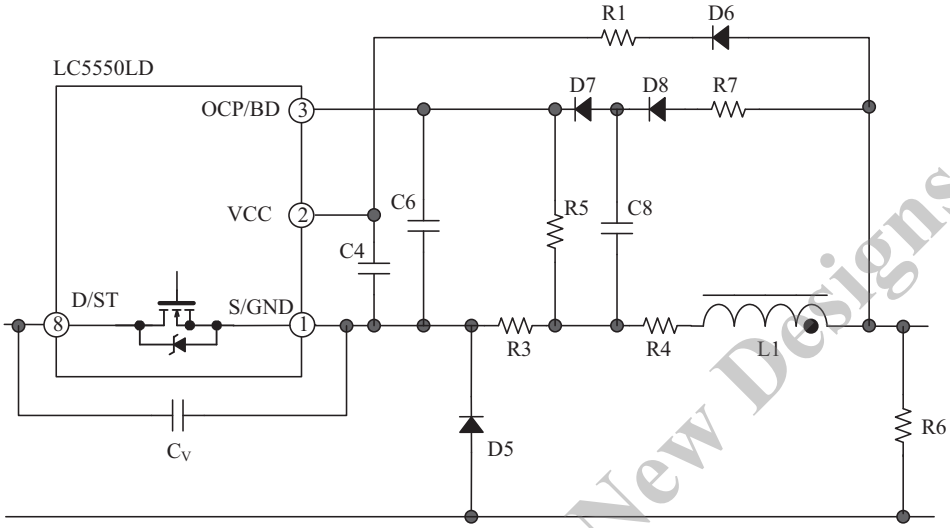


図 8-13 OCP/BD 端子周辺回路図

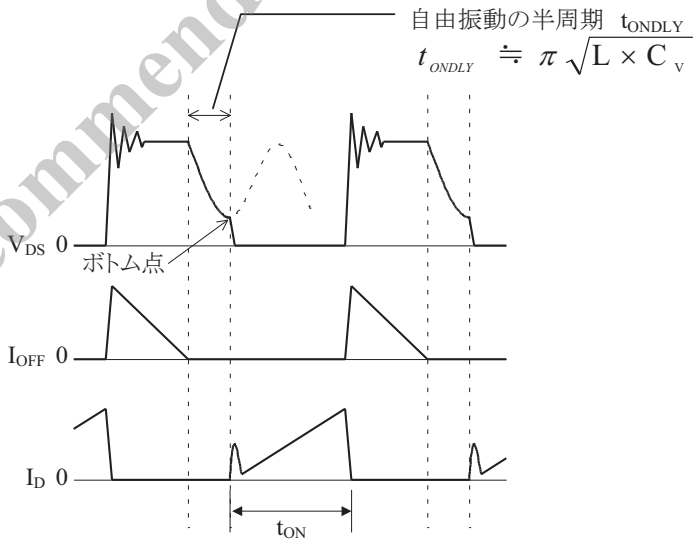


図 8-14 理想的なボトムオン動作 (V_{DS} 電圧波形のボトム点でターンオン)

Not Recommended for New Designs

パワーMOSFET がオフの期間は、出力電圧が遅延回路（D7, D8, R7, C8）を経由して、OCP/BD 端子電圧にプラス電圧を供給します（擬似共振信号 V_{BD}）。

パワーMOSFET のターンオフ時に、V_{BD} が擬似共振動作しきい電圧 1 $V_{BD(TH1)}$= 0.24V 以上になると、パワーMOSFET はオフ期間を継続します。その後、V_{BD} が低下し、V_{BD} が擬似共振動作しきい電圧 2 $V_{BD(TH2)}$= 0.16V になると、パワーMOSFET がターンオンします。V_{BD} が $V_{BD(TH2)}$に達すると、IC 内部で自動的に、擬似共振動作しきい電圧を $V_{BD(TH1)}$に上げるため、OCP/BD 端子のノイズによる誤動作を防止できます。

図 8-15 に擬似共振電圧波形を示します。

遅延時間 t_{ONDLY} は、遅延回路の定数で決まるため、V_{DS} 電圧波形のボトムでターンオンするように、定数を調整します。擬似共振信号のピーク電圧 $V_{BD(PK)}$と有効期間 t_{QR} は、電源仕様の入出力変動範囲内において、R5、R7 のバラツキを考慮し、擬似共振信号のピーク電圧 $V_{BD(PK)}$= 1.5～2.0V、擬似共振信号有効期間 t_{QR} ≥1.2μs となるように調整します。

- R5 の推奨値：100～330Ω
- C6 の推奨値：100pF～470pF
- R7 の設定

  R7 は、電源仕様の入出力変動範囲における VCC 端子電圧が最も下限になる条件で、$V_{BD(PK)} \geq V_{BD(TH1)}$となるように調整します。通常動作時は、VCC 端子電圧が最大になる条件で、$V_{BD(PK)}$< OVP 動作電圧 $V_{BD(OVP)}$= 2.6V 未満となるよう、確認および調整が必要です。

  R7 を求める算出式は、R_{OCP}<< R5 より R_{OCP} の影響がないとした場合、次式(3)になります。

$$R7 = \frac{\left(V_{CC} - V_{BD(PK)} - 2V_F\right) \times R5}{V_{BD(PK)}} \qquad \text{---------- (3)}$$

  例として電源仕様範囲の VCC 端子電圧下限値を 16V、R5= 220Ω、$V_{BD(PK)}$= 1.5V、D7 と D8 の順方向電圧降下 V_F= 0.8V とした場合、R7≒1.89kΩ となります。したがって、E 系列の抵抗では 1.8kΩ になります。

  有効期間 t_{QR} が確保できない場合は、以下の調整を行います。
  - R5 の値を大きくする
  - R7 の値を小さくして $V_{BD(PK)}$を高くする
  - 電圧共振コンデンサ C_V の容量を増やして自由振動周期を長くする
    （C_V の容量を増やす場合、パワーMOSFET のターンオン時のスイッチング損失が増加するため、IC の発熱の確認が必要です）

- D7、D8

  リカバリー時間が短く、結合容量が小さいものを使用してください。

- C8 の設定

  パワーMOSFET をボトムオンにさせる遅延時間 t_{ONDLY} の調整は、C8 で行います。C8 は、電源入力電圧上限、出力負荷最大の条件で、MOSFET のドレインとソース間の電圧 V_{DS}、擬似共振信号 V_{BD}、ドレイン電流 I_D の実働波形を観測し、理想的なボトムオン（ターンオンがボトム点と一致）になるよう、C8 を増減させて調整します。C8 の初期定数は、1000pF 程度が目安になります。

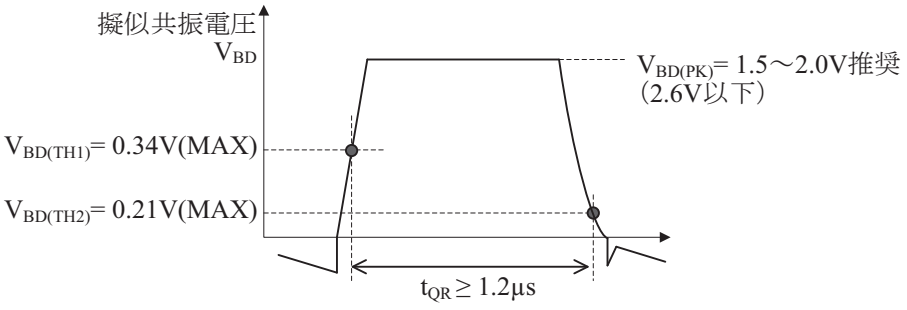


図 8-15 擬似共振信号の有効期間

Not Recommended for New Designs

8.5 過電圧保護機能（OVP）

過電圧保護機能（OVP）は、VCC 端子、OCP/BD 端子の 2 種類あります。OVP が動作すると、ラッチモードでスイッチング動作を停止します。スイッチング動作が停止すると、VCC 端子電圧は下降し始め、$V_{CC(BIAS)}$= 11.0V まで低下すると、バイアスアシスト機能が動作します。バイアスアシスト機能が動作すると、起動電流を VCC 端子に供給して、動作停止電源電圧 $V_{CC(OFF)}$= 9.4V まで低下することを防ぎ、ラッチ状態を保持します。

ラッチ状態の解除は、電源電圧をオフし、VCC 端子電圧を $V_{CC(OFF)}$以下に下げることで行います。

8.6 VCC 端子過電圧保護機能（V_{CC}_OVP）

図 8-16 に V_{CC}_OVP 機能動作時の波形を示します。VCC 端子に、VCC 端子 OVP しきい電圧 $V_{CC(OVP)}$= 31.5V 以上の電圧を印加すると、V_{CC}_OVP 機能が動作し、ラッチモードでスイッチング動作を停止します。LED 負荷オープン時には出力の上昇とともに VCC 端子電圧も上昇するため、V_{CC}_OVP 機能による保護が可能です。

応用回路例（図 5-1、図 5-2）の電源構成の場合、V_{CC}_OVP 機能動作時の出力電圧 $V_{OUT(OVP)}$はおよそ 31.5V となります。出力電圧が V_{CC} 動作範囲より高い場合、図 8-17 のようにツェナーダイオード D9 を追加します。この場合 $V_{OUT(OVP)}$はおよそ 31.5V + V_{ZENOR} となります。

V_{CC}_OVP 機能動作時は、IC の起動回路から電流を供給することで VCC 端子電圧を維持し、ラッチ動作を継続します。V_{CC}_OVP 機能が動作すると、起動電流が出力の電解コンデンサを充電し、出力電圧が上昇します。IC の D/ST と S/GND 端子間電圧が IC 起動回路動作電圧 $V_{STARTUP}$ 以下になると、VCC 端子電圧が低下しラッチ動作を解除します。

ラッチ動作を継続するためには、出力電解コンデンサと並列に抵抗 (図 5-1 及び図 5-2 の R6) を挿入し、起動回路動作電圧 $V_{STARTUP}$ を確保する必要があります。ラッチ動作時の最大出力電圧の目安は $V_{O(MAX)}$ ～ 0.7mA × R6 です。

ラッチ保持、最大出力電圧、および通常動作時の LED 電流への影響を考慮しながら R6 を決定してください。

ラッチ状態の解除は、電源電圧をオフし、VCC 端子電圧を $V_{CC(OFF)}$以下に下げることで行います。

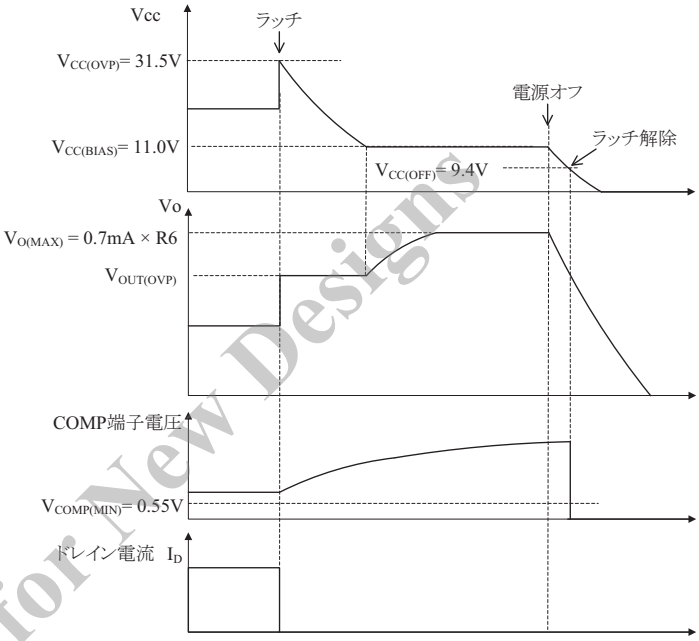


図 8-16 V_{CC}_OVP 機能動作時の波形

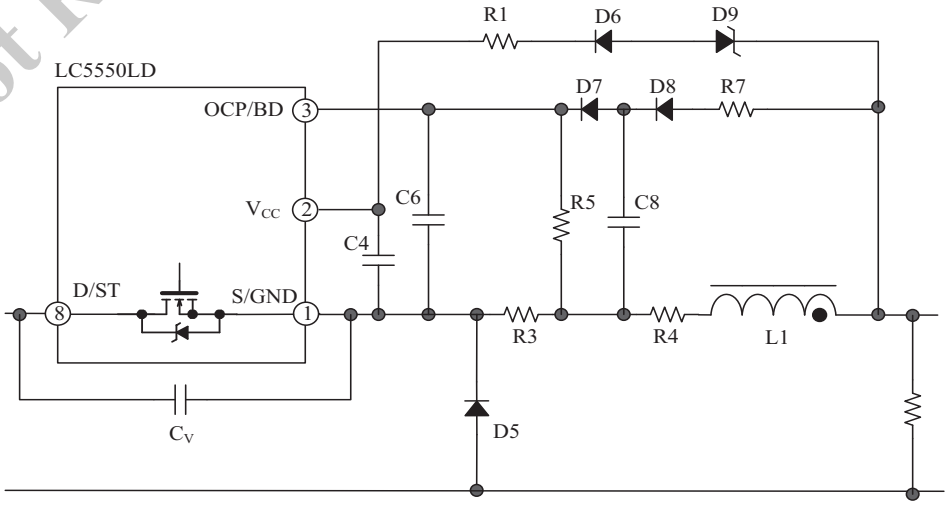


図 8-17 出力電圧が V_{CC} 動作範囲より大きい場合の回路例

Not Recommended for New Designs

8.7 OCP 端子過電圧保護機能（OCP_OVP）

図 8-18 に OCP_OVP 回路を示します。擬似共振方式回路において OCP/BD 端子と VCC 間にダイオード D10 を追加することで OCP_OVP 機能を使用できます。

図 8-19 に OCP_OVP 機能動作時の波形を示します。OCP 端子に、OCP 端子 OVP しきい電圧 $V_{BD(OVP)}$= 2.6V 以上（絶対最大定格 5V 未満）の電圧を印加すると、OCP_OVP 機能が動作し、ラッチモードでスイッチングを停止します。

ラッチ状態の解除は、電源電圧をオフし、VCC 端子電圧を $V_{CC(OFF)}$以下に下げることで行います。

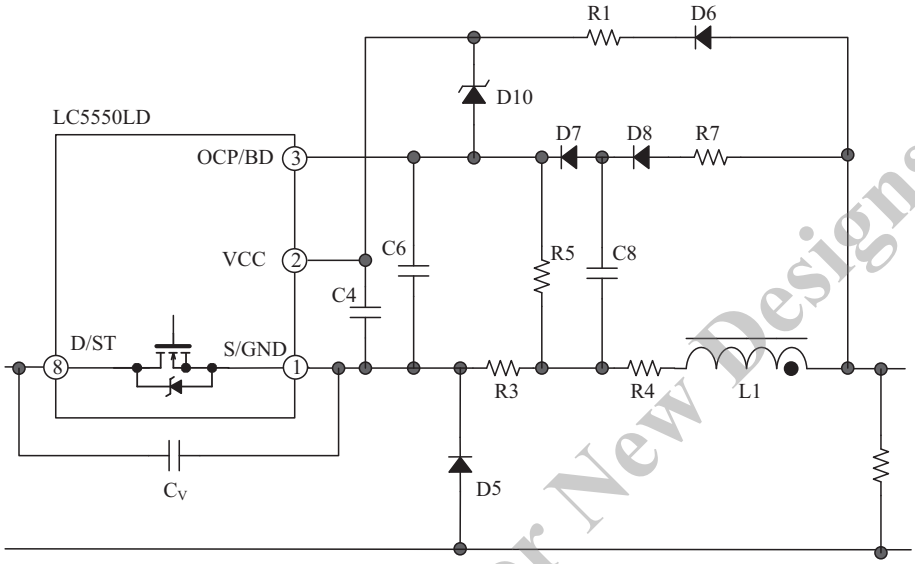


図 8-18 OCP_OVP 回路

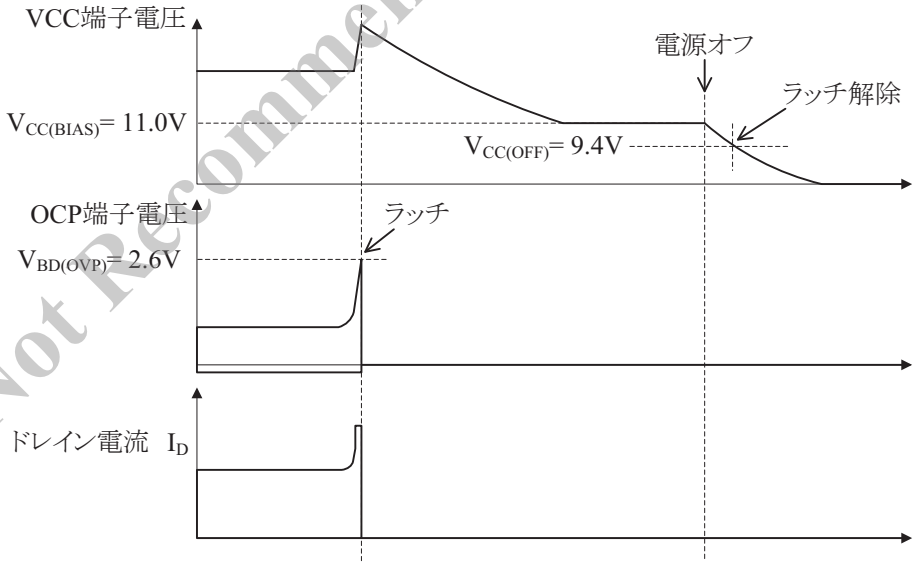


図 8-19 OCP_OVP 機能動作時の波形

Not Recommended for New Designs

8.8 過負荷保護機能（OLP）

過負荷保護（OLP）状態とは、負過電流が増大し、OCP 動作によりドレイン電流のピーク値を制限している状態です。

COMP 端子周辺回路図を図 8-20 に、過負荷保護機能（OLP）が動作したときの各部の波形を図 8-21 に示します。過負荷状態になると、出力電圧が低下するため、VCC 端子電圧が低下します。VCC 端子電圧が起動電流供給しきい電圧 $V_{CC(BIAS)}$= 11.0V になると、バイアスアシスト機能が動作し、VCC 端子電圧の低下を抑えます。

また、同時に ISENSE 端子電圧も低下します。ISENSE 端子電圧が内部のエラーアンプ基準電圧 $V_{SEN(TH)}$= −0.2V まで低下すると、IC 内部の OTA 回路出力がなくなるため、COMP 端子内部の定電流源で COMP 端子に接続した C4 を充電します。COMP 端子電圧が OLP しきい電圧 $V_{COMP(OLP)}$= 4.5V に達すると、8.5 過電圧保護機能（OVP）同様、ラッチモードでスイッチング動作を停止します。

ラッチ状態の解除は、電源電圧をオフし、VCC 端子電圧を $V_{CC(OFF)}$以下に下げることで行います。

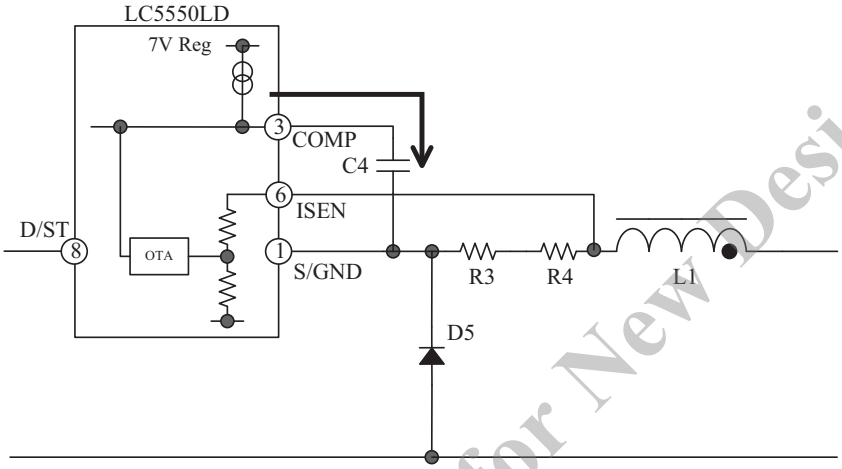


図 8-20 COMP 端子周辺回路図

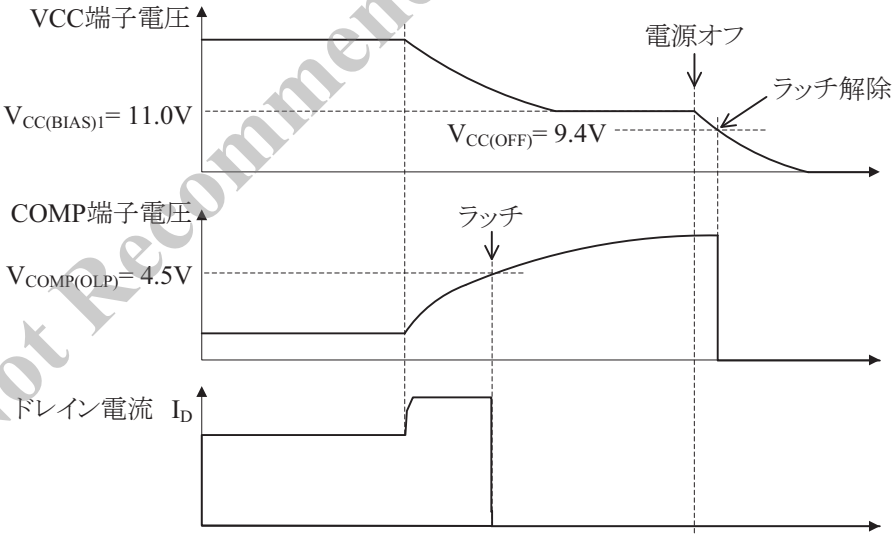


図 8-21 OLP 動作時の波形

Not Recommended for New Designs

8.9 過電流保護機能(OCP)

過電流保護機能(OCP)は、パワーMOSFET のドレイン電流ピーク値を、パルス・バイ・パルス方式で検出し、電力制限します。

パワーMOSFET のドレイン電流は、図 8-22 のように OCP/BD 端子と S/GND 端子間の電流検出抵抗 R3 で検出します。この検出電圧 V_{R3} を、R5 を介して、OCP/BD 端子に入力します。V_{R3} が次式(5)に達すると、パワーMOSFET がターンオフします。

$$V_{R3} = -\left(\left|V_{OCP}\right| + R5 \times \left|I_{OCP}\right|\right) \text{----------} (5)$$

ここで、 V_{OCP} : 過電流検出しきい値(−0.8V)
R5 : R5 の抵抗値
I_{OCP} : OCP/BD 端子流出電流(−40μA)

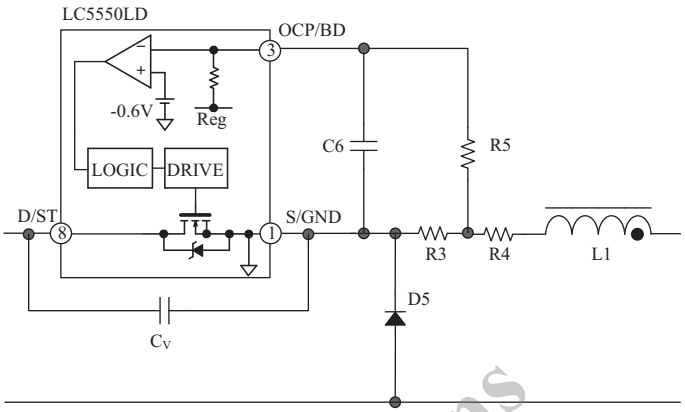


図 8-22 マイナス検出 OCP 回路

誤動作を防止するため、OCP/BD 端子にフィルタを挿入します。

- R5 の設定
  内部抵抗のバラツキの影響を小さくするために、100～330Ω 程度に設定します。
- C6 の設定
  C6 は、温度による容量変化の少ないものを使用し、100pF～470pF 程度を目安に設定します。この容量が大きすぎると、OCP の応答が遅くなるため、電源起動時などの過渡状態時に、ドレイン電流ピークが増える場合があります。

OCP/BD 端子の過電流検出は、電流ピーク検出のため、パワーMOSFET がターンオンする際に生じるサージ電圧に OCP が応答し、パワーMOSFET がオフする場合があります。

この現象を防ぐため、リーディング・エッジ・ブランキング機能を内蔵しています。ターンオン時のサージ電圧に応答しないよう、パワーMOSFET がオンした瞬間からリーディング・エッジ・ブランキング時間 $t_{ON(LEB)}$= 600ns を設けています。

ここで、図 8-23 のように、OCP/BD 端子電圧に生じるターンオン時のサージ電圧幅は、$t_{ON(LEB)}$より短くなるように調整します。

このサージ電圧幅が $t_{ON(LEB)}$以上になった場合は、次の検討を実施し、サージ電圧値やサージ幅を下げる必要があります。

- ターンオンタイミングが、ボトム点に合っていない場合は、V_{DS} 電圧波形のボトム点へ合わせる
- 電圧共振コンデンサ C_V 容量を下げる

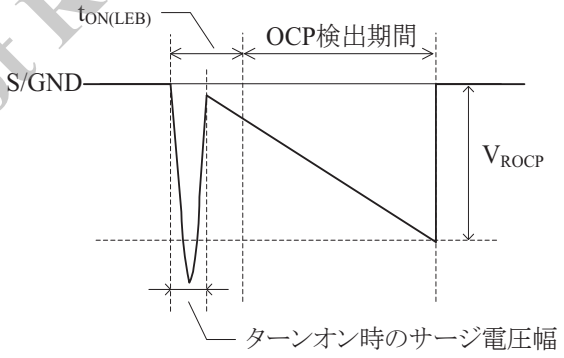


図 8-23 OCP 端子電圧(ドレイン電流を R_{OCP} で電圧変換した波形)

Not Recommended for New Designs

8.10過熱保護機能(TSD)

IC の制御回路部の温度が、熱保護動作温度 $T_{j(TSD)}$= 135°C(MIN)に達すると、8.5 過電圧保護機能（OVP）同様、ラッチモードでスイッチング動作を停止します。

ラッチ状態の解除は、電源入力電圧をオフし、VCC 端子電圧を $V_{CC(OFF)}$以下に下げることで行います。

8.11最大オン時間制限機能

電源入力電圧が低い状態や、電源入力電圧オン／オフ時などの過渡状態では、パワーMOSFET のオン時間を、最大オン時間 $t_{ON(MAX)}$= 9.3μs（LC5556LD は 11.2μs）に制限します（図 8-24 参照）。

電源設計時に、電源入力電圧下限、負荷最大の条件で、パワーMOSFET のオン時間が $t_{ON(MAX)}$未満である確認が必要です。

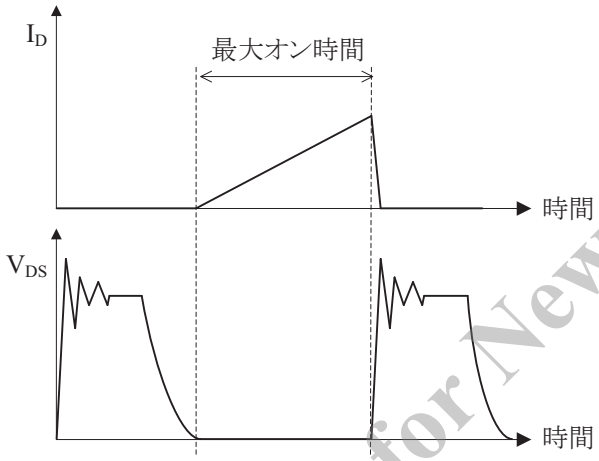


図 8-24 最大オン時間の確認

Not Recommended for New Designs

9. 回路部品の定数設定に関する注意事項

- **出力負荷：LED**

  IC の定格電流との関係に注意が必要です。また、LED の直列数は $V_{LED} < V_{AC}$ となるようにします（$V_{AC} < V_{LED}$ となると LED は消灯します）。
  標準的には V_{LED}= 9～60V 程度を想定しています。

- **電流還流用のフリーホイールダイオード：D5**

  出力 MOSFET がオン期間に L1 に蓄えたエネルギを、オフ期間にこのダイオードを介して LED に供給します。このフリーホイールダイオードは、耐圧とリカバリータイム t_{rr} に注意した選択が必要です。
  リカバリータイム t_{rr} が長いダイオードを選択すると、出力 MOSFET がターンオンするときにサージ電流が IC に流れ、ノイズの増大と、それに伴う IC の誤動作の原因となります。また、全体の効率が悪化する要因にもなるため、t_{rr} ≦30ns のリカバリー特性をもつダイオードを選択します。

- **電流検出抵抗：R3**

  R3 には高周波スイッチング電流が流れるので、内部インダクタンスの大きなものを使用すると、誤動作の原因になります。R3 は、内部インダクタンスが小さく、かつ、サージ耐量の大きなものを使用します。

Not Recommended for New Designs

注意書き

- 本資料に記載している内容は、改良などにより予告なく変更することがあります。
  ご使用の際には、最新の情報であることを確認してください。

- 本書に記載している動作例および回路例は、使用上の参考として示したもので、これらに起因する弊社もしくは第三者の工業所有権、知的所有権、その他の権利の侵害問題について弊社は一切責任を負いません。

- 弊社は品質、信頼性の向上に努めていますが、半導体製品では、ある確率での欠陥、故障の発生は避けられません。製品の故障により結果として、人身事故、火災事故、社会的な損害などが発生しないよう、使用者の責任において、装置やシステム上で十分な安全設計および確認を行ってください。

- 本書に記載している製品は、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）に使用することを意図しております。
  高い信頼性を要求する装置（輸送機器とその制御装置、交通信号制御装置、防災・防火装置、各種安全装置など）への使用を検討、および一般電子機器であっても長寿命を要求する場合は、必ず弊社販売窓口へ相談してください。
  極めて高い信頼性を要求する装置（航空宇宙機器、原子力制御、生命維持のための医療機器など）には、弊社の文書による合意がない限り使用しないでください。

- 弊社の製品を使用、またはこれを使用した各種装置を設計する場合、定格値に対するディレーティングをどの程度行うかにより、信頼性に大きく影響します。
  ディレーティングとは信頼性を確保または向上するため、各定格値から負荷を軽減した動作範囲を設定したり、サージやノイズなどについて考慮したりすることです。ディレーティングを行う要素には、一般的に電圧、電流、電力などの電気的ストレス、周囲温度、湿度などの環境ストレス、半導体製品の自己発熱による熱ストレスがあります。これらのストレスは、瞬間的数値、あるいは最大値、最小値についても考慮する必要があります。
  なおパワーデバイスやパワーデバイス内蔵 IC は、自己発熱が大きく接合部温度のディレーティングの程度が、信頼性を大きく変える要素となるので十分に配慮してください。

- 本書に記載している製品の使用にあたり、本書記載の製品に他の製品・部材を組み合わせる場合、あるいはこれらの製品に物理的、化学的、その他何らかの加工・処理を施す場合には、使用者の責任においてそのリスクを検討の上行ってください。

- 本書記載の製品は耐放射線設計をしておりません。

- 弊社物流網以外での輸送、製品落下などによるトラブルについて、弊社は一切責任を負いません。

- 本書記載の内容を、文書による当社の承諾なしに転記複製を禁じます。

Not Recommended for New Designs