


NR887D**アプリケーションノート Rev.4.0**


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

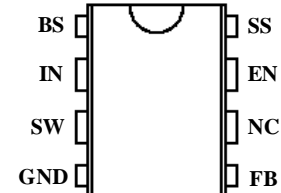
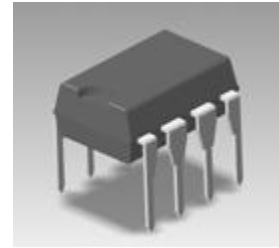
| | |
|---|----|
| 1. 電気的特性 ----- | 4 |
| 1.1 絶対最大定格 ----- | 4 |
| 1.2 推奨動作条件 ----- | 4 |
| 1.3 電気的特性 ----- | 5 |
| 2. ブロックダイアグラムと各端子機能 ----- | 7 |
| 2.1 ブロックダイアグラム ----- | 7 |
| 2.2 各端子機能 ----- | 7 |
| 3. 応用回路例 ----- | 8 |
| 4. 熱減定格 ----- | 9 |
| 5. 外形図 ----- | 10 |
| 6. 動作説明 ----- | 11 |
| 6.1 PWM(Pulse Width Modulation)出力制御 ----- | 11 |
| 6.2 電源の安定性 ----- | 11 |
| 6.3 過電流保護(OCP) ----- | 12 |
| 6.4 過熱保護(TSD) ----- | 12 |
| 6.5 ソフトスタート(Soft-Start) ----- | 12 |
| 6.6 出力の ON / OFF 制御 ----- | 13 |
| 7. 設計上の注意点 ----- | 14 |
| 7.1 外付け部品 ----- | 14 |
| 7.2 パターン設計 ----- | 19 |
| 7.3 応用設計 ----- | 21 |
| ご注意書き ----- | 23 |

概要

NR887D は、パワーMOSFET 内蔵の同期整流型チョップレギュレータ IC です。電流制御方式により、セラミックコンデンサのような超低 ESR のコンデンサに対応します。過電流保護(OCP)、低入力禁止(UVLO)、過熱保護(TSD)等の保護機能を有しています。起動時の突入電流を防ぐために、ソフトスタート機能を有しています。コンデンサを接続することで、ソフトスタート時間を設定できます。外部信号でオンオフできる機能を有しており、EN 端子へ外部から信号を入力することで、IC をターンオン/ターンオフできます。位相補償回路を内蔵し、外付けの位相補償部品は不要です。DIP 8ピンパッケージで供給されます。

パッケージ

- DIP 8



特長と利点

- 電流モード型 PWM 制御
- 最大効率 95%
- 出力にセラミックコンデンサのような低 ESR コンデンサの使用に対応
- 保護回路を内蔵
 - 過電流保護(OCP) 垂下型自動復帰
 - 過熱保護内蔵(TSD) 自動復帰
 - 低入力時誤動作防止回路(UVLO)
- 位相補償回路を内蔵 外付け部品不要
- 外付けコンデンサによる Soft-Start
- ON/OFF 機能

主要スペック

- 入力電圧 $V_{IN} = 4.5V \sim 18V$
- 出力電圧 $V_O = 0.8V \sim 14V$
- 最大出力電流 $I_{OUT} = 2A$
- 動作周波数: 500kHz

アプリケーション

- LCD-TV
- Blu-Ray
- デジタル家電用電源

シリーズラインアップ

| 製品名 | f_O | V_{IN} | V_O | I_{OUT} |
|--------|--------|----------------------------|----------------------------|-----------|
| NR887D | 500kHz | 4.5V to 18V ⁽¹⁾ | 0.8V to 14V ⁽²⁾ | 2A |

⁽¹⁾ 入力電圧の最小値は、4.5V もしくは V_O+3V のどちらか大きい値とします。

⁽²⁾ 入出力条件は最小 ON 時間により制限されます。

1. 電気的特性

1.1 絶対最大定格

表 1 NR887D 絶対最大定格

| 項目 | 記号 | 規格値 | 単位 | 条件 |
|-------------------|----------------------|------------|------|---|
| 入力電圧 | V_{IN} | 20 | V | |
| 許容損失 | ⁽³⁾ Pd | 1.85 | W | ガラスエポキシ基板 70mm×60mm (銅箔エリア 1310mm ²)実装時 $T_J \text{ Max} = 150^\circ\text{C}$ |
| 接合温度 | ⁽⁴⁾ T_j | -40 to 150 | °C | |
| 保存温度 | T_{stg} | -40 to 150 | °C | |
| 熱抵抗(接合—リード 4 ピン間) | θ_{j-c} | 25 | °C/W | |
| 熱抵抗(接合—周囲間) | θ_{j-a} | 67 | °C/W | ガラスエポキシ基板 0mm×60mm. (銅箔エリア 1310mm ²)実装時 |

⁽³⁾過熱保護により制限。

⁽⁴⁾過熱保護検出温度は約 160°Cとなる。

1.2 推奨動作条件

電気的特性に示す正常な回路機能を維持するために、推奨動作条件内で使用してください。

表 4 NR887D 推奨動作条件

| 項目 | 記号 | 規格値 | | 単位 | 条件 |
|--------|--|-----------|-----|----|----|
| | | MIN | MAX | | |
| 入力電圧 | ⁽⁵⁾ V_{IN} | $V_O + 3$ | 18 | V | |
| 出力電流 | ⁽⁶⁾ ⁽⁷⁾ I_{OUT} | 0 | 2.0 | A | |
| 出力電圧 | V_O | 0.8 | 14 | V | |
| 動作周囲温度 | ⁽⁷⁾ T_{OP} | -40 | 85 | °C | |

⁽⁵⁾ 入力電圧範囲の最小値は、4.5Vもしくは $V_O + 3V$ のどちらか大きい値とする。

$V_{IN} = V_O + 1 \sim V_O + 3V$ の場合は $I_{OUT} = 1A \text{ MAX}$ となり、入力電圧については最大 ON デューティで制御される電圧まで可能となります。次式を参照。 $V_{IN} = V_O / 0.9(\text{typ})$

⁽⁶⁾ 推奨回路は図 4 になります。

⁽⁷⁾ 図 5 に示す熱減定格以内で使用する必要があります。

1.3 電気的特性

図 1 に示す回路において、各測定条件で IC を動作させた場合に保証される特性規格値です。

表 3 NR887D 電気的特性

(Ta=25°C)

| 項目 | 記号 | 規格値 | | | 単位 | 測定条件 | |
|--------------|------------------------------|-------------|-------|-------|-------|--|-------------------------|
| | | MIN | TYP | MAX | | | |
| 設定基準電圧 | V_{REF} | 0.784 | 0.800 | 0.816 | V | $V_{IN} = 12V, I_O = 1.0A$ | |
| 出力電圧温度係数 | $\Delta V_{REF} / \Delta T$ | — | ±0.05 | — | mV/°C | $V_{IN} = 12V, I_O = 1.0A$ -40°C to +85°C | |
| 効率 | ⁽⁸⁾ η | — | 90 | — | % | $V_{IN}=12V, V_O=3.3V,$ $I_O=1A$ | |
| 動作周波数 | f_O | 400 | 500 | 600 | kHz | $V_{IN} = 12V, V_O = 3.3V,$ $I_O = 1A$ | |
| ラインレギュレーション | ⁽⁹⁾ V_{Line} | — | 50 | — | mV | $V_{IN} = 6.3V \sim 18V,$ $V_O = 3.3V, I_O = 1A$ | |
| ロードレギュレーション | ⁽⁹⁾ V_{Load} | — | 50 | — | mV | $V_{IN} = 12V, V_O = 3.3V,$ $I_O = 0.1A \sim 2.0A$ | |
| 過電流保護開始電流 | I_S | 3.1 | — | 6.0 | A | $V_{IN} = 12V, V_O = 3.3V$ | |
| 静止時回路電流 1 | I_{IN} | — | 6 | — | mA | $V_{IN} = 12V$ $V_{EN}=10k\Omega$ pull up to V_{IN} | |
| 静止時回路電流 2 | $I_{IN(off)}$ | 0 | — | 10 | μA | $V_{IN} = 12V, I_O = 0A,$ $V_{EN}=0V$ | |
| SS 端子 | Low 時流出電流 | $I_{EN/SS}$ | 6 | 10 | 14 | μA | $V_{SS}=0V, V_{IN}=12V$ |
| | 開放電圧 | V_{SSH} | — | 3.0 | — | V | $V_{IN} = 12V$ |
| EN 端子 | 流入電流 | I_{EN} | — | 50 | 100 | μA | $V_{EN} = 10V$ |
| | オンスレッシュ電圧 | $V_{C/EH}$ | 0.7 | 1.4 | 2.1 | V | $V_{IN} = 12V$ |
| 最大 ON デューティ | ⁽⁹⁾ D_{MAX} | — | 90 | — | % | | |
| 最小 ON 時間 | ⁽⁹⁾ $T_{ON(MIN)}$ | — | 150 | — | nsec | | |
| 過熱保護開始温度 | ⁽⁹⁾ TSD | 151 | 165 | — | °C | | |
| 過熱保護復帰ヒステリシス | ⁽⁹⁾ TSD_hys | — | 20 | — | °C | | |

⁽⁸⁾ 効率は次式により算出されます。

⁽⁹⁾ 設計保証値です。

$$\eta (\%) = \frac{V_O \cdot I_O}{V_{IN} \cdot I_{IN}} \times 100$$

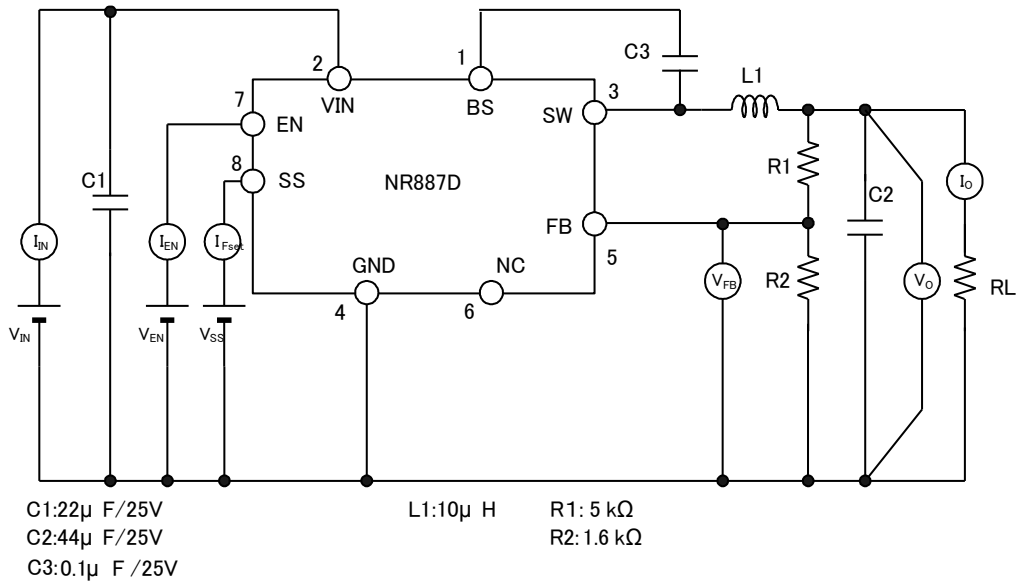


図 1 測定回路図

2. ブロックダイアグラムと各端子機能

2.1 ブロックダイアグラム

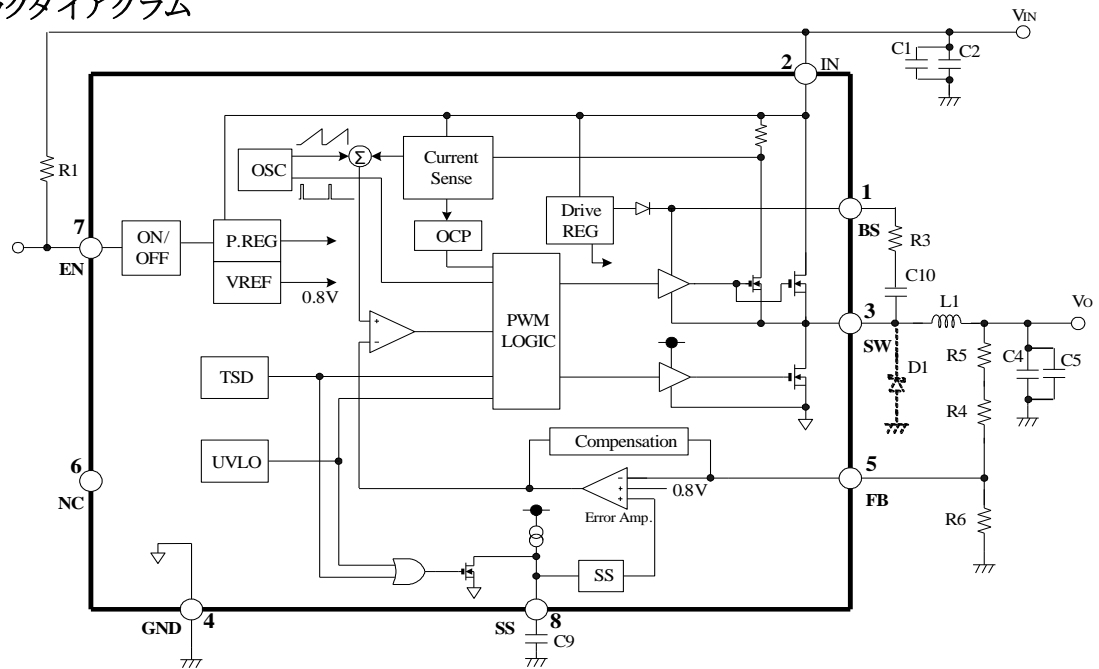


図 2 NR887D ブロックダイアグラム

2.2 各端子機能

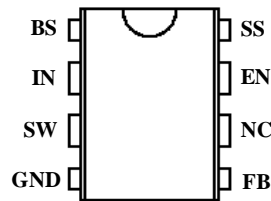


図 3 端子配置

表 4 端子機能

| 端子番号 | 記号 | 機能 |
|------|-----|--|
| 1 | BS | ハイサイドブースト入力端子 BS 端子は、ハイサイド MOSFET のドライブ電力を供給します。 コンデンサと抵抗を SW 端子と BS 端子間に接続してください |
| 2 | IN | 入力端子 IC に電力を供給します |
| 3 | SW | 出力端子 出力電力を供給します 出力用 LC フィルタを SW 端子に接続してください SW 端子と BS 端子間に、ハイサイド MOSFET へ電力供給するコンデンサが必要です |
| 4 | GND | グラウンド端子 裏面ヒートスラグは、グラウンド端子に接続してください。 |
| 5 | FB | 基準電圧と出力電圧を比較するフィードバック端子 フィードバック閾値電圧は 0.8V です。 FB 端子を分圧抵抗 R4 と R6 の間に接続して出力電圧を設定してください |
| 6 | NC | 未使用端子 |
| 7 | EN | イネーブル入力端子 EN 端子を High でレギュレータをオン、Low でオフします |
| 8 | SS | ソフトスタート端子 SS 端子とグラウンド間にコンデンサ接続することで、ソフトスタートを設定できます |

3. 応用回路例

- GND ラインは 1 番端子を中心にした 1 点 GND 配線とし、各部品を最短で配置することが必要です。
- パッケージの裏面ヒートシンクにつながる GND の銅箔面積を大きくすることで、放熱効果が上がります。

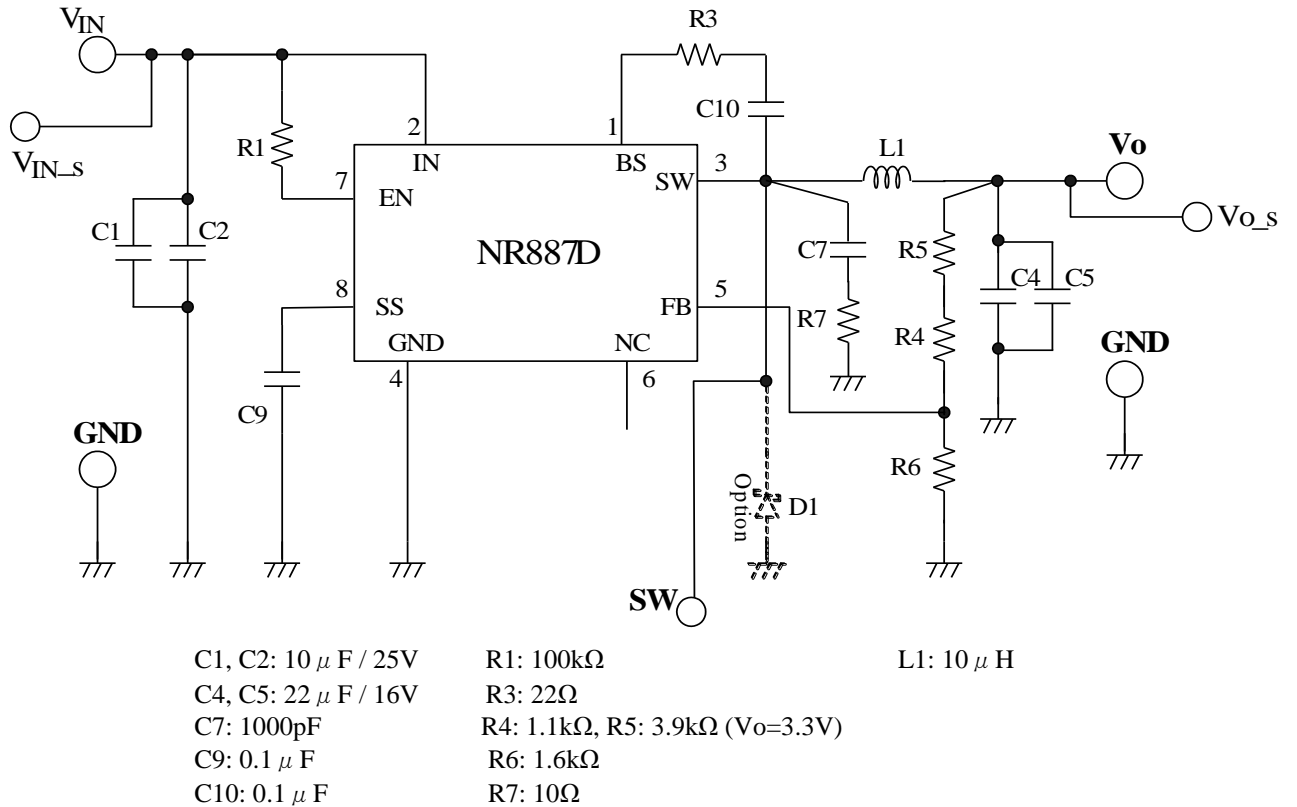


図 4 応用回路例

4. 熱減定格

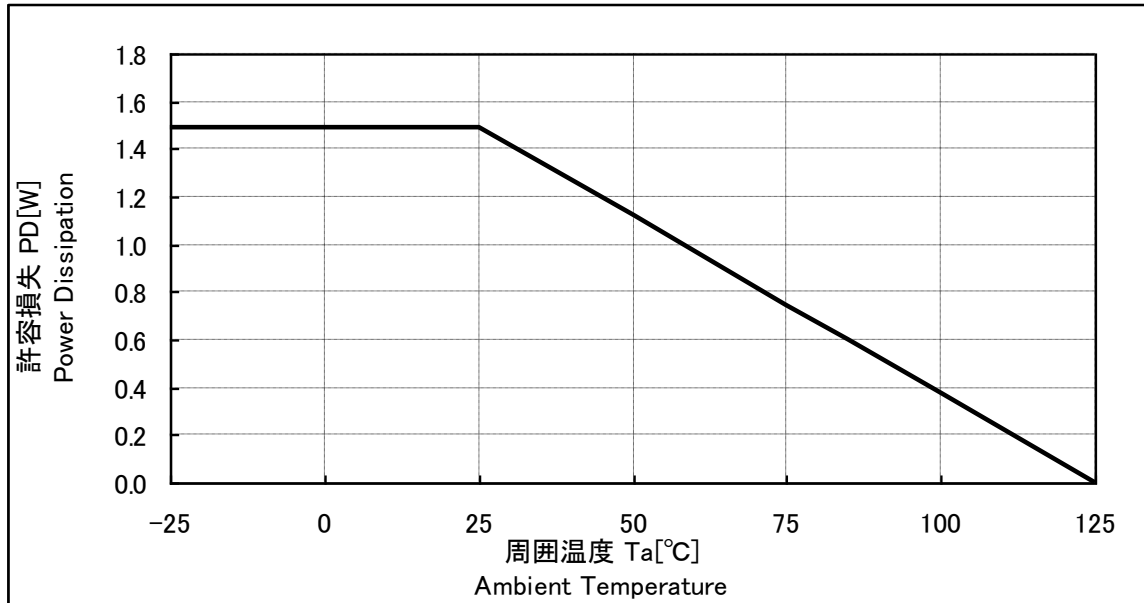


図 5 NR887D 熱減定格

注記

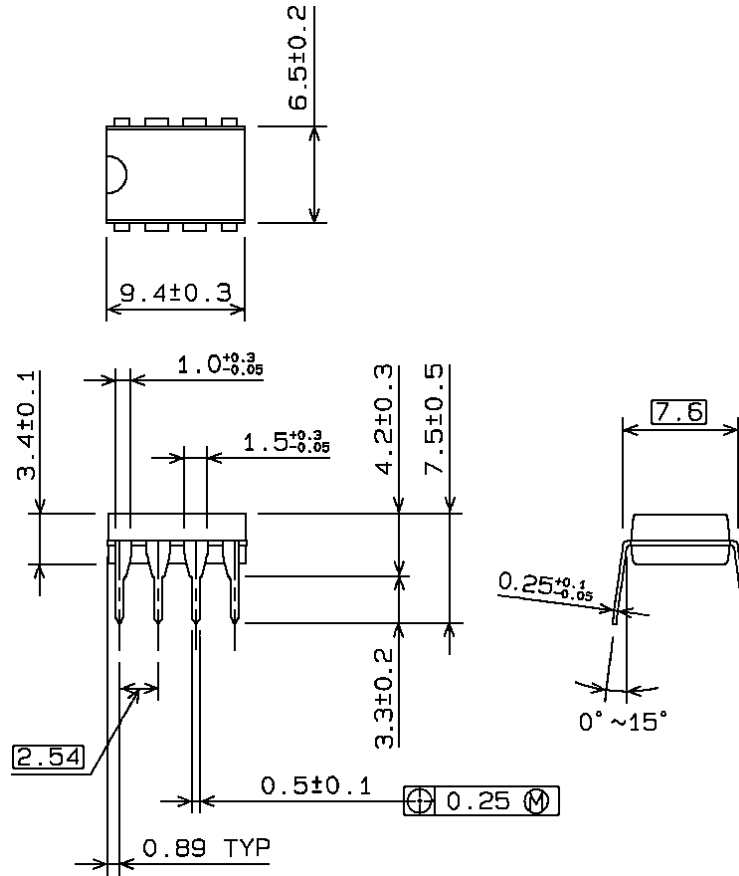
- 1) ガラスエポキシ基板 70mm × 60mm
- 2) 銅箔エリア: 1310mm²
- 3) 熱減定格は、ジャンクション温度 125°C で算出しています。
- 4) 損失は下記式を使って求めます。効率、入力電圧、出力電流によって変化する為、効率曲線より求め、パーセント表示のまま代入します。
- 5) D1 の熱設計は別途行う必要があります。

$$P_d = V_O \times I_O \left(\frac{100}{\eta_x} - 1 \right)$$

V_O: 出力電圧V_{IN}: 入力電圧I_O: 出力電流η_x: 効率(%)

5. 外形図

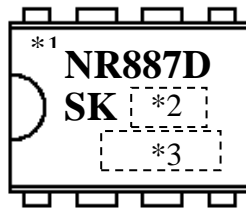
- DIP8 パッケージ



注記

- 1)寸法表記 mm
- 2)図は一定の縮尺で描かれていません

図6 パッケージ外観図



- *1. 品名標示
- *2. ロット番号(3桁)
 - 第1文字：西暦年号下一桁
 - 第2文字：月
 - 1~9月:1~9
 - 10月:O
 - 11月:N
 - 12月:D
 - 第3文字：製造週
 - 第1週~第5週：01~05
- *3. 管理番号(4桁)

図7 パッケージ刻印

6. 動作説明

特記なき場合の特性数値は、NR887D の仕様に準じ、TYP 値を表記します。

6.1 PWM(Pulse Width Modulation)出力制御

NR887D は、電流制御と電圧制御の 2 系統の帰還ループとスロープ補正を行う 3 つのブロックで構成されます。電圧制御帰還では出力電圧を PWM 制御に帰還するループとなり、出力電圧の抵抗分割を基準電圧 0.8V で比較するエラーアンプで構成されています。電流制御帰還では、インダクタ電流を PWM 制御に帰還するループであり、センス MOSFET を使用して分流されたインダクタ電流をカレントセンスアンプで検出を行っています。スロープ補正では電流制御方式の特性上、サブハーモニック発振を回避するため電流制御スロープに対して補正を行っています。図 8 に示すように、NR887D では、電圧制御帰還、電流制御帰還、スロープ補正の信号を演算することで、電流制御方式による PWM 制御を行っています。

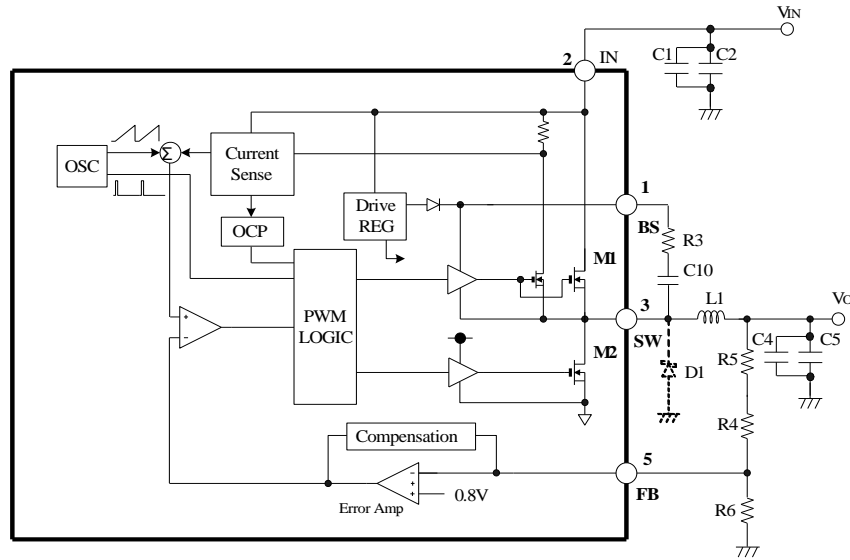


図 8 電流制御 PWM 制御チョップパ型レギュレータ基本構成

NR887D は、UVLO が解除された時や EN・SS 端子が閾値を超えた時に、スイッチング動作します。最初は最小 ON デューティもしくは最大 ON デューティでスイッチング動作します。ハイサイドスイッチ(以下 M1) は、出力にパワーを供給するスイッチング MOSFET です。ローサイドスイッチ(以下 M2)が ON して、M1 を駆動させるためのブースト用コンデンサ C10 をチャージします。M1 が ON 時において、SW 端子とインダクタに電圧が印加され、インダクタ電流が増加し、検出する電流検出アンプの出力も上昇します。電流検出アンプの出力とスロープ補正信号とが加算された信号と誤差増幅器の出力を比較します。加算された信号が誤差増幅器(Error amp)の出力を超えた時に、比較器の出力が“High”となり、RS フリップフロップがリセットされます。M1 が OFF し M2 が ON することで回生電流が M2 を流れます。外付けに SBD (D1) を接続した場合は、D1 にも回生電流が流れます。

NR887D では毎周期にセット信号が発生し、RS フリップフロップがセットされます。加算された信号が誤差増幅器(Error amp)の出力電圧を超えなかった場合、OFF Duty 回路の信号により、RS フリップフロップが必ずリセットされます。

6.2 電源の安定性

チョップパ型レギュレータの位相特性は、レギュレータ IC 内部の位相特性、出力コンデンサ C4 (C5) と負荷抵抗 R_{OUT} の合成になります。レギュレータ IC 内部の位相特性は、一般的には制御部の遅れ時間と出力誤差増幅器の位相特性で定まります。この内、制御部の遅れ時間による位相遅れは、実使用上はほとんど問題になることはありません。出力誤差増幅器の位相補正内蔵により、安定性を良くするための出力電圧及び出力コンデンサの設定については、「7.1.3 出力コンデンサ C4 (C5)」および「7.1.7 出力電圧 V_o と出力コンデンサ C4 (C5)」を参照して下さい。

6.3 過電流保護(OCP)

図9にOCP特性を示します。NR887Dは、垂下型過電流保護回路を内蔵しています。過電流保護回路はスイッチングトランジスタのピーク電流を検出し、ピーク電流が設定値を超えると強制的にトランジスタのON時間を短縮させて出力電圧を低下させ電流を制限しています。更に出力電圧が低下しますとスイッチング周波数を低下させることで低出力電圧時の電流増加を防止しています。過電流状態が解除されると出力電圧は自動的に復帰します。

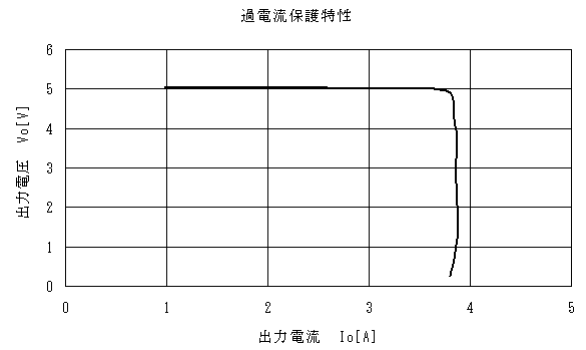


図9 OCP 特性図

6.4 過熱保護(TSD)

熱保護回路は、ICの半導体接合温度を検出し、接合温度が設定値(約160°C)を超えると出力トランジスタを停止させ、出力をOFFします。接合温度が過熱保護設定値より20°C程度低下すると自動的に復帰します。

※(過熱保護特性)注意事項

瞬時短絡等の発熱に対しICを保護する回路であり、長時間短絡等、発熱が継続する状態の信頼性を含めた動作を保証するものではありません。

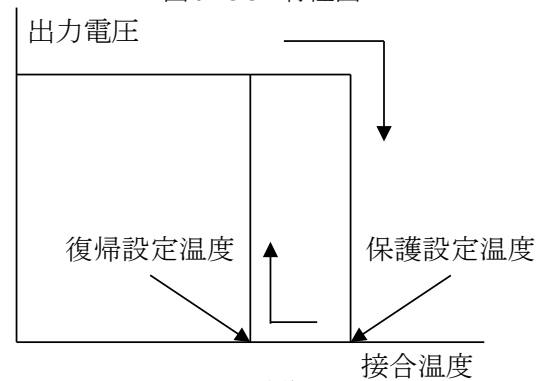


図10 TSD 動作

6.5 ソフトスタート(Soft-Start)

8番端子(SS端子)と4番端子(GND端子)間にコンデンサを接続すると入力電圧投入時にソフトスタートがかかるようになります。VoはC_{SS}の充電電圧に相関し立ち上がります。よってC_{SS}充電の時定数計算で概略求まります。コンデンサC_{SS}はPWM制御のOFF期間をコントロールして立ち上がり時間を制御し、立ち上がり時間t_{SS}及びデレイ時間t_{delay}は以下の式で概略求まります。

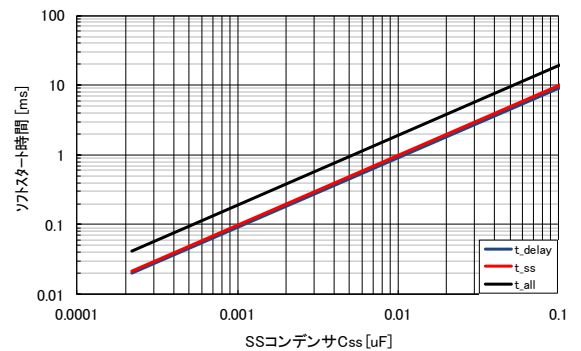
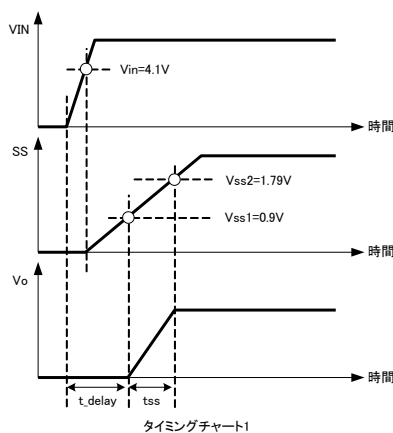


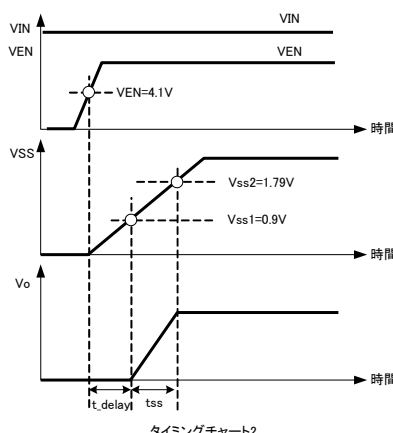
図11 Soft-Start 時間と SS コンデンサの関係

$$t_{SS} = C_{SS} \times (V_{SS2} - V_{SS1}) / (I_{SS} \times V_{SS1}) \quad V_{SS1}(0.9V) < \text{SS 端子電圧} < V_{SS2} (1.79V)$$

$$t_{\text{delay}} = C_{SS} \times V_{SS1} / I_{SS} \quad \text{SS 端子電圧} < V_{SS1}(\text{th}) = V_{SS1} (0.9V)$$



タイミングチャート1



タイミングチャート2

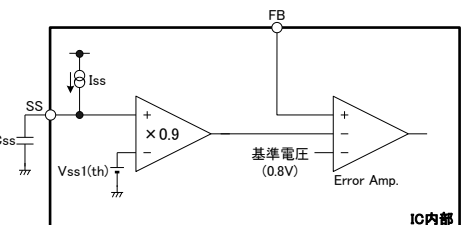


図12 Soft-Start 原理

ソフトスタート機能を使用しない場合は4番端子をオープンとして下さい。C_{SS}がない場合や極端に小さい場合、過電流保護 I_S で制限した出力電流で出力コンデンサを充電する時定数で立ち上がります。

出力コンデンサ起動での時定数

$$t = (C_o \times V_o) / I_s \dots (\text{無負荷時})$$

※負荷がある状態では I_S 値より負荷電流分が減算されます。

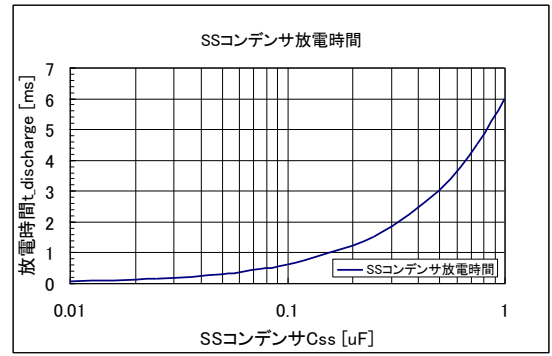


図 13 SS コンデンサ放電時間

SS 開放電圧=3V

SS 放電能力は 500 μ A

左記のグラフは SS 端子電圧が 3V→0V になるまでの時間を表している。

6.6 出力の ON / OFF 制御

7番(EN)端子を用いて、出力 ON/OFF 制御が可能です。オープンコレクタ等のスイッチにより、7番端子を V_{ENL}(1.4V)以下にすると出力は停止します(図 14)。

外部 ON/OFF機能を使用しない場合は、図 15 のように IN~EN 間に 100kΩ のプルアップ抵抗を接続してください。V_{IN} 電圧印加で起動します。

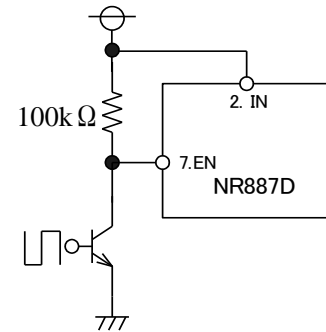


図 14 ON/OFF 制御 1

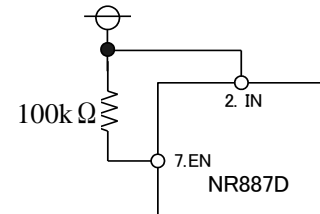


図 15 ON/OFF 制御 2

7. 設計上の注意点

7.1 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。

7.1.1 チョークコイル L1

チョークコイル L1 は、チョップパ型スイッチングレギュレータの中心的役割を果たしています。レギュレータを安定して動作させるためには、飽和状態での動作や、自己発熱による高温動作等の危険な状態を回避しなくてはなりません。以下に挙げる a) から d) の 4 点に注意してチョークコイルを選定してください。

a) スwitchングレギュレータ用であること

ノイズフィルタ用のコイルは、損失が大きく発熱が大となりますので使用を避けて下さい。

b) サブハーモニック発振の回避

ピーク検出電流制御ではインダクタ電流がスイッチング動作周波数の整数倍の周期で変動することがあります。このような現象をサブハーモニック発振と呼び、ピーク検出電流制御モードでは原理的に発生する問題です。安定な動作をさせる為に IC 内部でインダクタ電流に補正を行っており、出力電圧に対応した適切なインダクタ値を選定することが必要です。

図 17 はサブハーモニック発振を回避するためのインダクタンス L 値選定範囲を示した図です。インダクタンス L の上限については、入出力条件、負荷電流によって変わることがあるため、目安の値になります。

チョークコイル電流の脈流部 ΔI_L およびピーク電流 I_{Lp} は、次式にて表されます。

$$\Delta I_L = \frac{(V_{IN} - V_O) \cdot V_O}{L \cdot V_{IN} \cdot f} \quad \text{---- (1)}$$

$$I_{Lp} = \frac{\Delta I_L}{2} + I_O \quad \text{---- (2)}$$

この式よりチョークコイルのインダクタンス L が小さいほど、 ΔI_L , I_{Lp} ともに増大することが分かります。よってインダクタンスが過小であるとチョークコイル電流の変動が大きくなるためレギュレータの動作が不安定になるおそれがあります。過負荷・負荷短絡時の磁気飽和によるチョークコイルのインダクタンスの減少に注意願います。

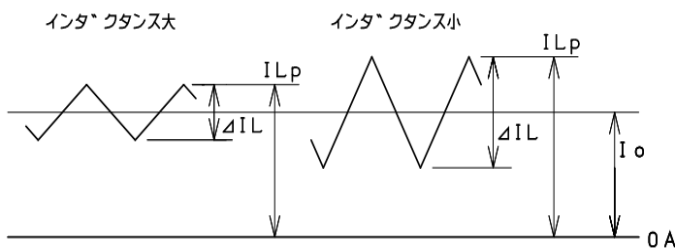


図 18 インダクタンスとリップルの関係

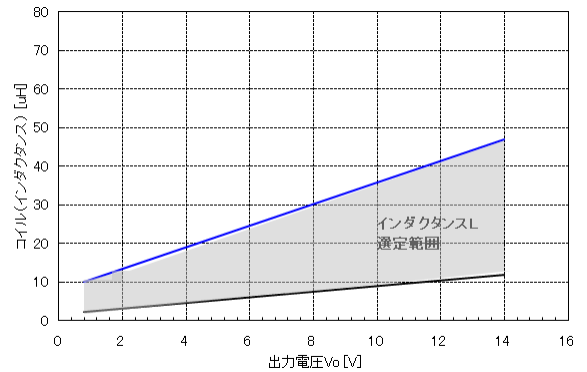


図 17 NR887D インダクタンス L 値選定範囲

c) 定格電流を満足すること

チョークコイルの定格電流は、使用する最大負荷電流より大きくなくてはなりません。負荷電流がコイルの定格電流を越えると、インダクタンスが激減し、ついには飽和状態となります。この状態では、高周波インピーダンスが低下し、過大な電流が流れますのでご注意ください。

d) ノイズが少ないこと

ドラム型のような開磁路型コアは、磁束がコイルの外側を通過するため周辺回路へノイズによる障害を与えることがあります。なるべくトロイダル型や EI 型、EE 型のような閉磁路型コアのコイルをご使用下さい。

7.1.2 入力コンデンサ C1 (C2)

入力コンデンサは、入力回路のバイパスコンデンサとして動作し、スイッチング時の急峻な電流をレギュレータに供給して入力側の電圧降下を補償しています。極力レギュレータ IC の近くに取り付ける必要があります。AC 整流回路の平滑コンデンサが入力回路にある場合でも、IC の近くにレイアウトされていなければ、入力コンデンサは平滑コンデンサと兼用とすることが出来ません。

C1 (C2) 選定のポイントとして次のことが挙げられます。

a) 耐圧を満足すること

b) 許容リップル電流値を満足すること

入力コンデンサのリップル電流は負荷電流の増加に伴って増大します。

耐圧や許容リップル電流値を超えたりデレーティング無しで使用した場合、コンデンサ自身の寿命が低下するばかりでなく、レギュレータの異常発振を誘発する危険があります。十分なマージンをとったコンデンサを選択するためには、(2)式に示す入力コンデンサに流れるリップル電流実効値 I_{rms} を求めます。

$$I_{rms} \approx 1.2 \times \frac{V_o}{V_{IN}} \times I_o \quad \text{----- (3)}$$

$V_{IN} = 20V$, $I_o = 3A$, $V_o = 5V$ とした場合、

$$I_{rms} \approx 1.2 \times \frac{5}{20} \times 3 = 0.9A$$

となりますので、許容リップル電流が、0.9A より大きいコンデンサを選ぶ必要があります。

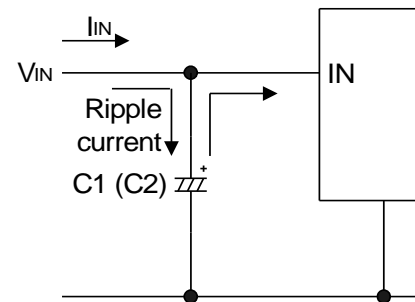


図 19 C1 (C2)の電流経路

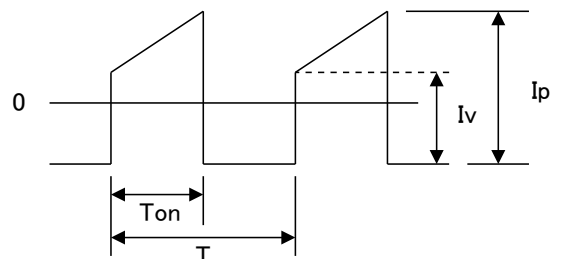


図 20 C1(C2)の電流波形

7.1.3 出力コンデンサ C4 (C5)

電流制御方式は、電圧制御方式にインダクタ電流を検出し帰還するループを追加した方式です。帰還ループにインダクタ電流を追加することで、LC フィルタの二次遅れ要素の影響を考慮せず安定な動作を実現できます。二次遅れを補正するために必要であった LC フィルタの容量 C を小さいものにでき、低 ESR のコンデンサ(セラミックコンデンサ)を用いても安定した動作を得ることができます。

出力コンデンサ C4 (C5)は、チョークコイル L1 と共に LC ローパスフィルターを構成し、スイッチング出力の平滑コンデンサとして機能しています。出力コンデンサにはチョークコイル電流の脈流部 ΔI_L と等しい電流が充放電されています。従って入力コンデンサと同様に、耐圧及び許容リップル電流値を十分なマージンを取った上で満足する必要があります。

出力コンデンサのリップル電流実効値は(4)式で求めます。

$$I_{rms} = \frac{\Delta I_L}{2\sqrt{3}} \quad \text{---- (4)}$$

ΔI_L を 0.5A とした場合、

$$I_{rms} = \frac{0.5}{2\sqrt{3}} \approx 0.14A$$

許容リップル電流が 0.14A 以上のコンデンサが必要になります。

レギュレータの出力リップル電圧 V_{rip} は、チョークコイル電流の脈流部 ΔI_L (C4 (C5)充放電電流)と出力コンデンサ C4 (C5)の等価直列抵抗 ESR の積によって定まります。

$$V_{rip} = \Delta I_L \cdot C4_{ESR} \quad \text{---- (5)}$$

従って出力リップル電圧を小さくするには、等価直列抵抗 ESR の低いコンデンサを選ぶ必要があります。一般的に電解コンデンサでは同一シリーズの製品ならば、同一耐圧で容量が大きい程、又は同一容量で耐圧が高い程(≒外形が大きくなる程) ESR は低くなります。

$\Delta I_L = 0.5A$ $V_{rip} = 40mV$ とした場合、

$$C4_{ESR} = 40 \div 0.5 = 80m\Omega$$

ESR が 80m Ω 以下のコンデンサを選べば良いことになります。ESR は、一般に温度によって変化し低温になると増加します。使用温度における ESR を確認する必要があります。ESR 値はコンデンサ固有のもので、コンデンサの製造元に問い合わせ下さい。

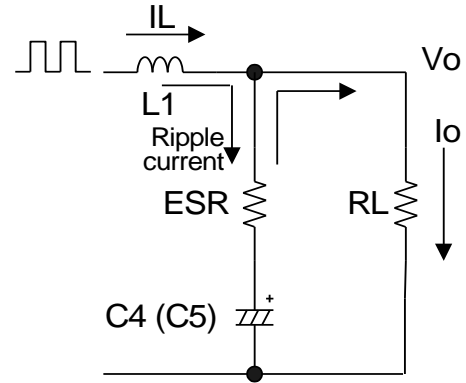


図 21 C4 (C5) の電流経路

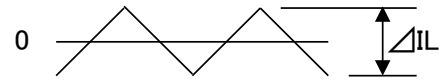


図 22 C4 (C5)電流波形

7.1.4 FB 端子 出力電圧設定

FB 端子は出力電圧を制御する為のフィードバック検出端子です。出来る限り出力コンデンサ C4 (C5)に近い所に接続して下さい。遠い場合、レギュレーションの低下、スイッチングリップルの増大により異常発振の原因となりますのでご注意ください。

R4 (R5)及びR6を接続することで出力電圧の設定が可能です。

I_{FB} が約 0.5mA になるように設定してください。

(I_{FB} は下限 0.5mA で考え、上限は特に制限はありませんが、消費電流が増え効率が低下しますのでご注意ください。

R4 (R5), R6, 出力電圧 VO は次式で求められます。

$$I_{FB} = V_{FB} / R6 \quad *V_{FB} = 0.8V \pm 2\%$$

$$R4 + R5 = (V_O - V_{FB}) / I_{FB}$$

$$R6 = V_{FB} / I_{FB}$$

$$V_O = (R4+R5) \times (V_{FB} / R6) + V_{FB}$$

$V_O = 0.8V$ に設定する際も、安定動作の為 R6 は接続してください。

入出力電圧の関係については、SW 端子のオン幅がおおよそ 200nsec 以上になるような設定を推奨します。

FB 端子及び R4 (R5), R6 の配線は、フライホイールダイオードと並走する配線はしないでください。

スイッチングノイズが検出電圧に干渉し、異常発振する場合があります。

特に FB 端子から R6 の配線は短く設計することを推奨します。

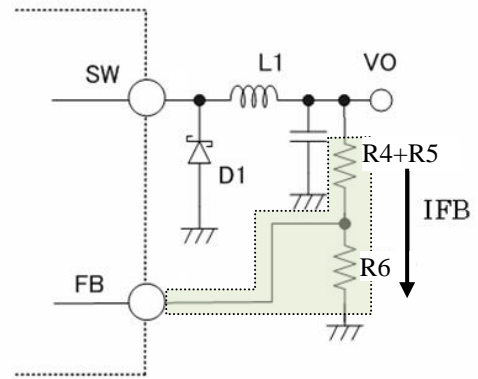


図 23 電圧検出ライン

7.1.5 低入力時の外付けブーストラップダイオード

入力電圧が 6V 以下で使用する場合は、効率が低下しますので、IN-BS 間にダイオードを挿入することを推奨します(図 24)。もしくは BS 端子にダイオードを接続して外部から電圧を印加して下さい(図 25)。

注記

- 1) 外部印加電圧は 5V~6V の範囲で設定してください。
- 2) 入力電圧 6V 以上の場合、ダイオードは接続しないでください。

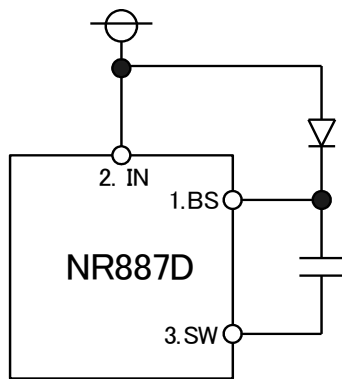


図 24 ブーストラップダイオード接続 1

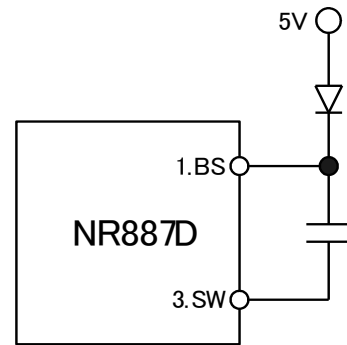


図 25 ブーストラップダイオード接続 2

7.1.6 フライホイールダイオード D1

フライホイールダイオード D1 を接続することで、効率を良くすることができます。

フライホイールダイオード D1 は、スイッチングオフ時にチョークコイルに貯えられたエネルギーを放出させる目的で使用します。フライホイールダイオードには必ずショットキーバリアダイオードを使用して下さい。一般の整流用ダイオードやファーストリカバリダイオード等を使用した場合、リカバリ及びオン電圧による逆電圧印可により、IC を破壊する恐れがあります。SW 端子 (3 番端子) から出力された電圧は、入力電圧と同等である為、フライホイールダイオードの逆方向耐圧が入力電圧以上あるものをご使用下さい。

フライホイールダイオードにはフェライトビーズは入れないでください。

7.1.7 出力電圧 V_o と出力コンデンサ C4 (C5)

安定動作の目安として、出力電圧と出力コンデンサの対比を表 6 に示します。

アルミ電解コンデンサの ESR は、100m Ω ~200 m Ω の範囲で選定願います。

インダクタ L については「7.1.1 チョークコイル L1」を参照して選定して下さい。

表 7 $V_o - C4 (C5)$ 対比表 NR887D(500kHz)

| V_o [V] | C4 (C5) [μ F] | |
|-----------|--------------------|---|
| | セラミックコンデンサ | アルミ電解コンデンサ: ESR \approx 100m Ω |
| 1.2 | 22 to 100 | 47 to 330 |
| 1.8 | 10 to 68 | 33 to 220 |
| 3.3 | 6.8 to 68 | 10 to 100 |
| 5 | 4.7 to 47 | 6.8 to 100 |
| 9 | 2.2 to 33 | 3.3 to 33 |
| 12 | 2.2 to 22 | 2.2 to 22 |
| 14 | 2.2 to 22 | 2.2 to 22 |

7.2 パターン設計

7.2.1 大電流ライン

接続図中の太線部分には大電流が流れますので、出来る限り太く短いパターンとして下さい。

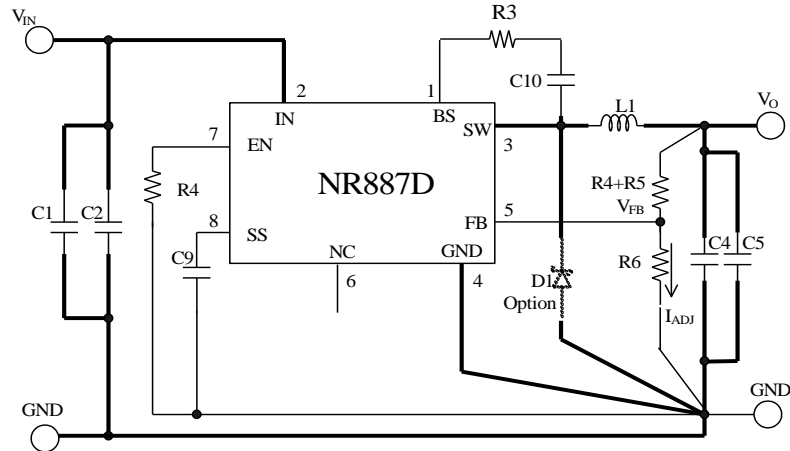


図 26 配線パターン注意箇所

7.2.2 入出力コンデンサ

入力コンデンサ C1 (C2)と、出力コンデンサ C4 (C5)は、出来る限りICに近づけて下さい。入力側に AC 整流回路の平滑コンデンサがある場合は、入力コンデンサと兼用にすることが可能ですが、距離が離れている場合には、平滑用とは別に入力コンデンサを接続することが必要です。入出力コンデンサのリード線には、大電流が高速で充放電されるので、リード線の長さは最短として下さい。コンデンサ部分のパターン引き回しにも同様の配慮が必要です。

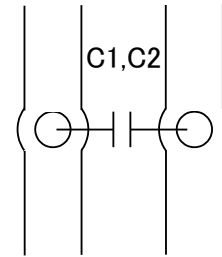


図 27 推奨コンデンサ配線

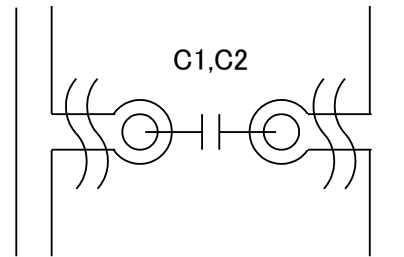
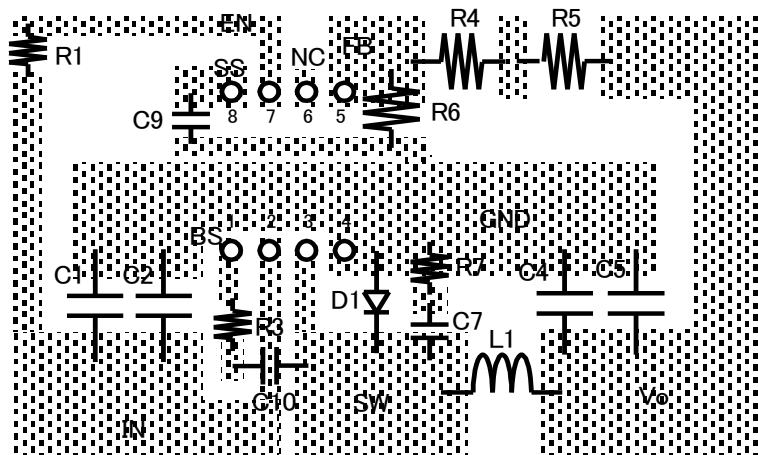


図 28 コンデンサ配線の悪い例

7.2.3 実装基板パターン例



注記

図は一定の縮尺で描かれていません

図 29 PCB レイアウト

7.3 応用設計

7.3.1 スパイクノイズの低減(1)

・BS 直列抵抗の挿入

図 30 の R_{BS} (オプション)を挿入することで、IC 内蔵のパワーMOSFET のターンオンスイッチングスピードを遅くすることが出来ます。スパイクノイズはスイッチングスピード低下に連動して下がる傾向となります。

R_{BS} を使用する場合は 22Ω を上限として設定してください。

※ご注意

1)誤って R_{BS} の抵抗値を大きくしすぎると、IC 内蔵パワーMOSFET はアンダードライブとなり、最悪破損する事があります。

2) R_{BS} が大きすぎると、起動不良を起こす事があります。

※デモボードの R3 です。

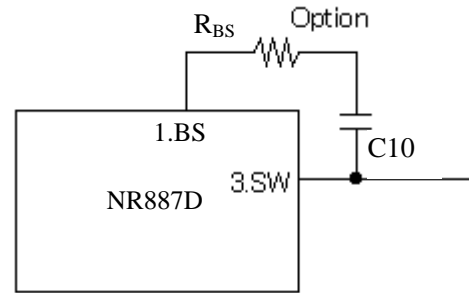


図 30. BS 直列抵抗の挿入

7.3.2 スパイクノイズの低減(2)

・スナバ回路の追加

上記の対策に図 31 のように抵抗とコンデンサ(RC スナバ)を追加することにより、出力波形及び、ダイオードのリカバリータイムを補正し、一層のスパイクノイズを低減させることができます。7.3.1 項と共に効率低下しますので注意して下さい。

※オシロスコープにてスパイクノイズを観測される際には、プローブのGNDリード線が長いとリード線がアンテナの作用をしてスパイクノイズが大きく観測されることがあります。スパイクノイズの観測に当たってはプローブのリード線を最短にして出力コンデンサの根本に接続して下さい。

※デモボードの C7, R7 です。

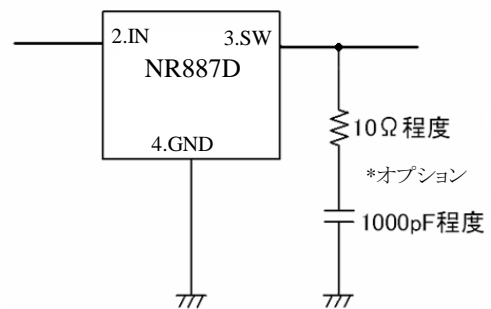


図 31. スナバ回路の追加

7.3.3 ビーズコア挿入に関するご注意

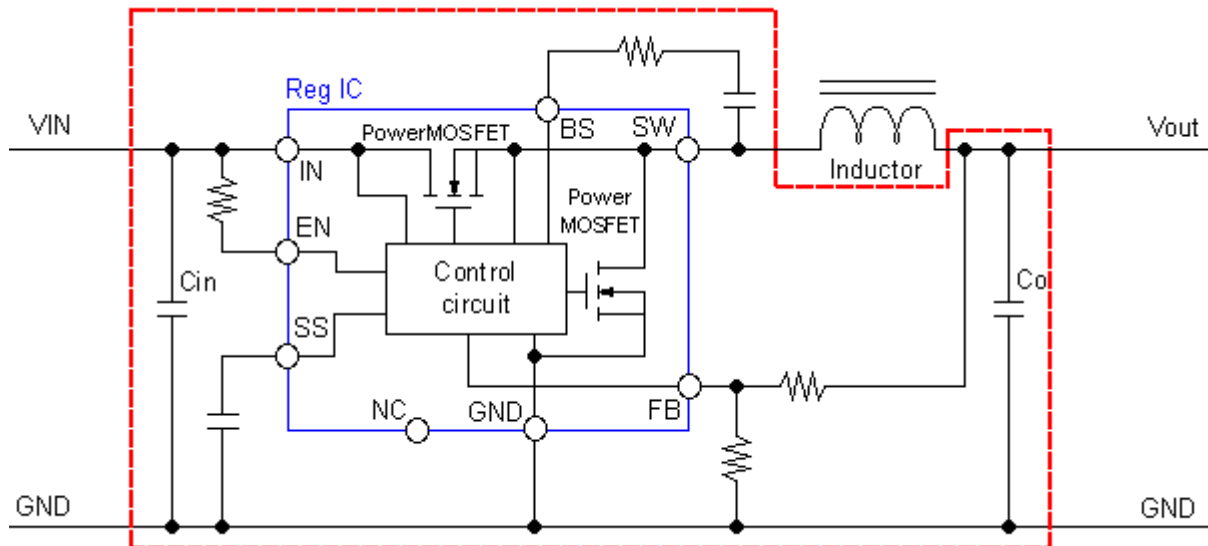


図 32 ビーズコア挿入禁止エリア

図 32 の赤の点線内ではフェライトビーズなどのビーズコアを挿入しないでください。プリント基板パターン設計においては、IC の安全且つ安定動作のため、配線パターンの寄生インダクタンスを小さく抑えていただくように推奨しております。

ビーズコアを挿入すると、元々配線パターンが持つ寄生インダクタンスに、ビーズコアが持つインダクタンスが加算されるため、この影響によってサージ電圧の発生、或いはICのGNDが不安定/負電位になるなど、誤動作が発生したり、最悪の場合破損に至る事があります。

ノイズの低減に関しては、基本的に 7.3.1 項「スナバ回路の追加」及び、7.3.2 項「BS 抵抗の追加」で対策してください。

7.3.4 逆バイアス保護

バッテリーチャージ等、入力端子より出力の電圧が高くなるような場合には、入出力間に逆バイアス保護用のダイオードが必要となります。

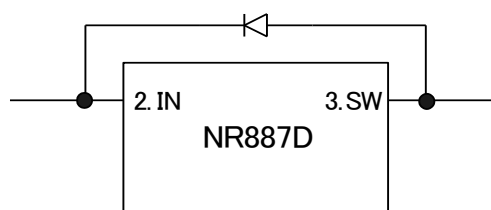


図 33 逆バイアス保護用ダイオード

ご注意書き

- 本資料に記載されている内容は、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ご確認ください。
- 本書に記載され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。部品の故障により結果として、人身事故、火災事故、社会的な損害などを発生させないよう、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。
- 本書に記載されている製品は、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)に使用されることを意図しております。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・防犯装置、各種安全装置など)への使用をご検討の際には、必ず弊社販売窓口へご相談をお願いいたします。
- 弊社のデバイスをご使用、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いたします。デ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することを言います。デレーティングを行う要素には、一般的には電圧、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、半導体デバイス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、瞬時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(Tj)のデレーティングの程度が、信頼性を大きく変える要素となりますので十分に配慮ください。
- 本書に記載されている製品のご使用にあたって、これらの製品に他の製品・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ご検討の上行ってください。
- 本書に記載された製品は耐放射線設計をしておりません。
- 弊社物流網外での輸送、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。
- 本資料に記載された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。