

1 次側検出制御 車載向け PWM スイッチング電源用 IC SPF8201



データシート

概要

SPF8201 は、パワーMOSFET と、電流モード型 PWM 制御 IC を 1 パッケージにした PWM 型スイッチング電源用パワーIC で、フライバック方式などのスイッチング電源に最適です。高精度エラーアンプを内蔵しており、安定した出力電圧を提供します。

軽負荷時は自動的にバースト動作になり、全負荷範囲で、高効率な電源を実現できます。

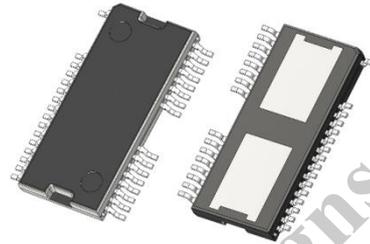
1 次側検出方式を採用しているため、制御に必要な外付け部品数が少なく、回路設計が容易で、電源の小型化、標準化に適しています。

特長

- AEC-Q100 対応
- 電流モード PWM 制御
(発振周波数は外付けのコンデンサで設定可能)
- 部品点数削減 (1 次側検出方式)
- 高精度エラーアンプ内蔵
($V_{FB} = 2.5 \text{ V} \pm 2\%$ 、 $-40 \text{ }^\circ\text{C} \sim 125 \text{ }^\circ\text{C}$)
- 動作モード
通常時動作：PWM モード
軽負荷時動作：バースト発振
- ソフトスタート機能
(外付けのコンデンサで起動時間を設定可能)
- ドライブ出力停止機能
- 保護機能
過電流保護(OCP)：パルス・バイ・パルス
過負荷保護(OLP)：自動復帰
過熱保護(TSD)：ヒステリシス付き、自動復帰

パッケージ

HSOP40



原寸大ではありません。

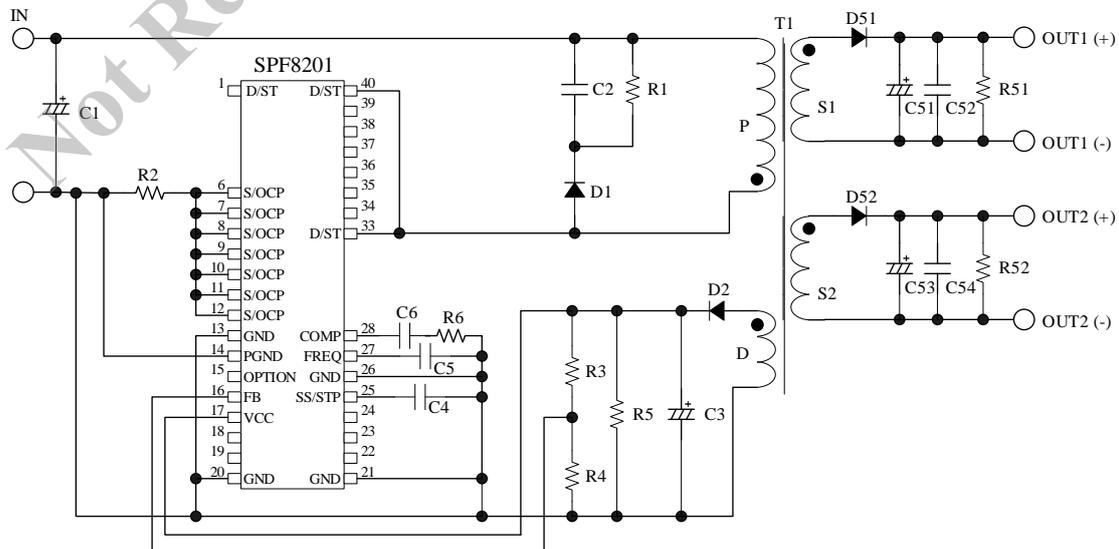
主要特性

- パワーMOSFET
耐圧 (DC)：600 V
耐圧 (パルス)：800 V
オン抵抗 (25 °C)：6.5 Ω (max.)
ドレインピーク電流 (パルス)：3 A
- 電源電圧 V_{CC} ：36 V (max.)
- 発振周波数：外付けコンデンサで設定
(20 kHz～200 kHz)

アプリケーション

- インバータ
- オンボードチャージャー (OBC)
- バッテリーマネージメントシステム (BMS)
などの絶縁型補助電源

応用回路例



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	6
5. 各端子機能	7
6. 応用回路例	8
7. 外形図	9
8. 捺印仕様	10
9. 動作説明	11
9.1. 各端子の設定	11
9.1.1. D/ST 端子	11
9.1.2. VCC 端子	11
9.1.3. FB 端子	11
9.1.4. GND 端子、PGND 端子	11
9.1.5. SS/STP 端子	11
9.1.6. FREQ 端子	11
9.1.7. COMP 端子	11
9.1.8. S/OCP 端子	12
9.2. IC の起動	12
9.3. ソフトスタート機能	13
9.4. 定電圧制御	13
9.5. 軽負荷時バースト機能	14
9.6. 発振周波数の設定	14
9.7. ドライブ停止機能	15
9.8. 過電流保護機能 (OCP)	15
9.9. 過負荷保護機能 (OLP)	16
9.10. 過熱保護機能 (TSD)	16
10. 設計上の注意点	16
10.1. 外付け部品	16
10.1.1. 入力、出力の平滑用電解コンデンサ	16
10.1.2. VCC 端子周辺回路	16
10.1.3. 2次側整流ダイオード周辺回路	17
10.1.4. トランス	17
10.2. パターン設計	17
11. パターンレイアウト例	19
12. 電源回路例	20
12.1. 電源仕様	20
12.2. 回路図	20
12.3. 部品表	20
12.4. トランス仕様	21
注意書き	22

1. 絶対最大定格

電流値の極性は、IC を基準として流入（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、 $T_A = 25\text{ °C}$ です。

項目	記号	測定条件	定格	単位	備考
D/ST 端子電圧	$V_{D/ST}$	DC $T_J = -40\text{ °C} \sim 125\text{ °C}^{(1)}$	600	V	
		パルス ($t < 1\text{ }\mu\text{s}$) $T_J = -40\text{ °C} \sim 125\text{ °C}^{(1)}$	800	V	
パワーMOSFET ドレイン-ソース間電圧	V_{DS}	DC $T_J = -40\text{ °C} \sim 125\text{ °C}^{(1)}$	600	V	
		パルス ($t < 1\text{ }\mu\text{s}$) $T_J = -40\text{ °C} \sim 125\text{ °C}^{(1)}$	800	V	
パワーMOSFET ドレイン電流（ピーク）	I_D	シングルパルス	3	A	
PGND 端子電圧	V_{PG}		-0.3~0.3	V	
S/OCP 端子電圧	$V_{S/OCP}$		-2~6	V	
FB 端子電圧	V_{FB}		-0.3~6	V	
VCC 端子電圧	V_{CC}		-0.3~36	V	
SS/STP 端子電圧	$V_{SS/STP}$		-0.3~6	V	
FREQ 端子電圧	V_{FREQ}		-0.3~6	V	
COMP 端子電圧	V_{COMP}		-0.3~6	V	
許容損失	P_D	$T_C = 25\text{ °C}$	35.7	W	
		⁽²⁾	2.1	W	
ジャンクション温度	T_J		-40~150	°C	
保存温度	T_{stg}		-40~150	°C	

⁽¹⁾ $T_J = 25\text{ °C}$ 未満は設計保証です。

⁽²⁾ ガラスエポキシ基板実装時、サイズ 115 mm × 38 mm、基板厚 1.6 mm

2. 推奨動作条件

項目	記号	測定条件	Min.	Typ.	Max.	単位	備考
VCC 端子電圧	V_{CC}		—	—	28	V	
発振周波数	f_{osc}		20	—	200	kHz	

3. 電気的特性

電流値の極性は、IC を基準として流入（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、 $T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 125\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $V_{CC} = 16\text{ V}$ （一度、 V_{CC} が動作開始電源電圧 $V_{CC(ON)}$ を超えた後、 16 V に設定）です。

以下に示す $T_A = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 125\text{ }^\circ\text{C}$ における電気的特性は設計保証値です。製品の出荷検査は $25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $125\text{ }^\circ\text{C}$ で実施しています。

項目	記号	測定条件	Min.	Typ.	Max.	単位	備考
電源起動動作							
動作開始電源電圧	$V_{CC(ON)}$		13.1	15.3	16.5	V	
動作停止電源電圧	$V_{CC(OFF)}$		7.0	8.3	9.6	V	
動作時回路電流	$I_{CC(ON)}$	$V_{CC} > V_{CC(ON)}$	—	3.4	3.6	mA	
非動作時回路電流	$I_{CC(OFF)}$	$V_{CC} < V_{CC(ON)}$	—	0.15	0.40	mA	
起動電流	$I_{STARTUP}$	D/ST = 300 V、 VCC = 0 V	1.0	2.5	4.0	mA	
定常動作							
SS/STP 端子 High しきい電圧	V_{HSS}		1.1	1.2	1.3	V	
SS/STP 端子 Low しきい電圧	V_{LSS}		0.1	1.2	1.3	V	
SS/STP 端子流出電流	$I_{SRC(SS)}$	SS/STP = 0.1 V	-26	-18	-10	μA	
SS/STP 端子流入電流	$I_{SNK(SS)}$	SS/STP = 1.3 V	10	18	26	μA	
発振周波数	f_{OSC}	FREQ = 200 pF、 $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	90	100	110	kHz	
		FREQ = 200 pF、 $T_J = -40\text{ }^\circ\text{C} \sim 125\text{ }^\circ\text{C}$	85	—	115	kHz	
FREQ 端子流出電流	$I_{SRC(FREQ)}$	FREQ = 0.1 V	-22	-28	-34	μA	
FREQ 端子 High しきい電圧	V_{HF}		1.1	1.2	1.31	V	
FREQ 端子 Low しきい電圧	V_{LF}		0.1	0.2	0.3	V	
最大オンデューティ	D_{MAX}	FREQ = 200 pF	43.0	47.0	49.9	%	
フィードバック電圧	V_{FB}		2.45	2.50	2.55	V	
バースト機能動作電圧	V_{BST}		—	0.29	0.40	V	
最小オン時間	$t_{ON(MIN)}$	FREQ = 200 pF	—	450	—	ns	
D/ST 端子入力電流	$I_{D/ST}$	D/ST-GND 間 D/ST = 600 V	—	200	500	μA	
保護動作							
リーディング・エッジ・ブランキング時間*	t_{BW}	FREQ = 200 pF	—	250	—	ns	
OCP しきい電圧	V_{OCP}		0.46	0.50	0.54	V	
OLP 遅延時間	t_{OLP}	SS/STP = 0.01 μF	24	38	52	ms	
ドライブ停止 SS/STP 端子しきい電圧	V_{STS}		3.5	4.0	4.5	V	
ドライブ復帰 SS/STP 端子しきい電圧	V_{STR}		3.1	3.6	4.1	V	
熱保護動作開始温度*	$T_{JH(TSD)}$		151	165	—	$^\circ\text{C}$	
熱保護動作解除温度*	$T_{JL(TSD)}$		—	150	—	$^\circ\text{C}$	

* 設計保証

SPF8201

項目	記号	測定条件	Min.	Typ.	Max.	単位	備考
パワーMOSFET 部							
ドレイン-ソース間漏れ電流	I_{DSS}	D/ST = 600 V、 $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	—	—	10	μA	
		D/ST = 600 V、 $T_J = 125\text{ }^\circ\text{C}$	—	—	100	μA	
パワーMOSFET オン抵抗	$R_{DS(ON)}$	$I_D = 0.5\text{ A}$ 、 $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$	—	5.6	6.5	Ω	
		$I_D = 0.5\text{ A}$ 、 $T_J = 125\text{ }^\circ\text{C}$	—	—	13	Ω	
スイッチング時間	t_r	D/ST = 10 V、 $R_{LOAD} = 100\text{ }\Omega$ 、 図 3-1 参照	—	—	350	ns	
	t_f	D/ST = 10 V、 $R_{LOAD} = 100\text{ }\Omega$ 、 図 3-1 参照	—	—	350	ns	

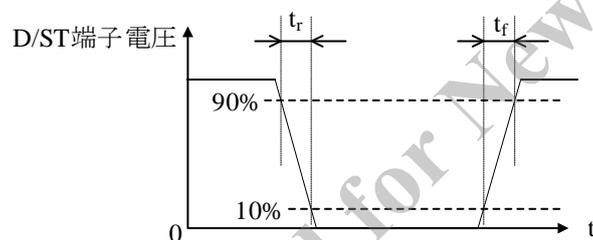
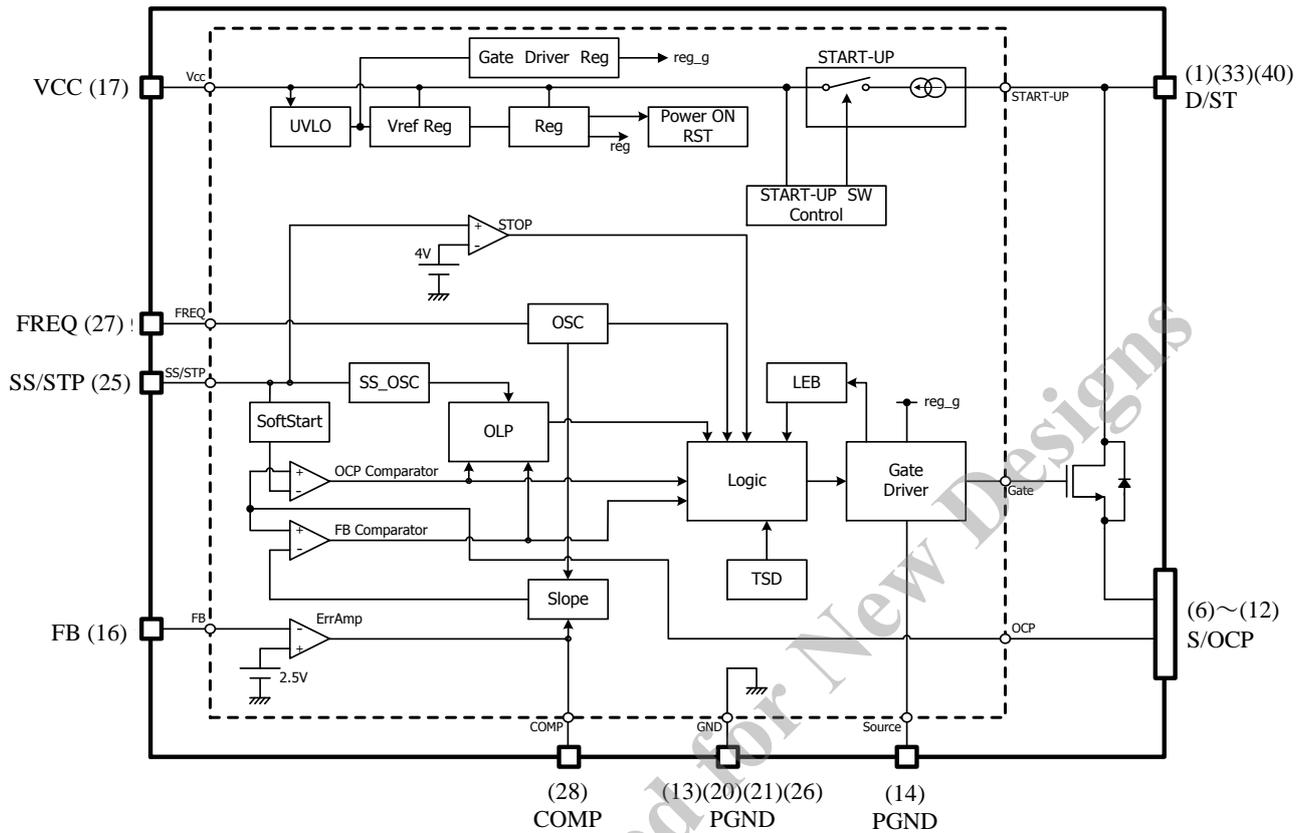


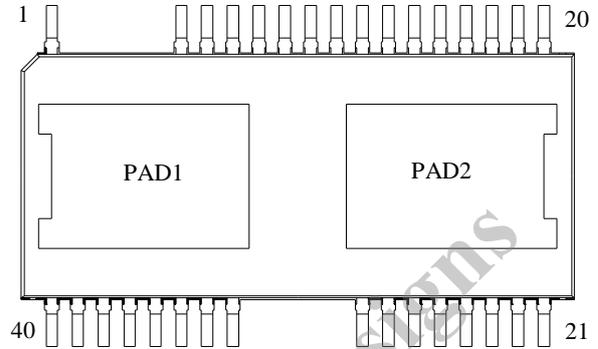
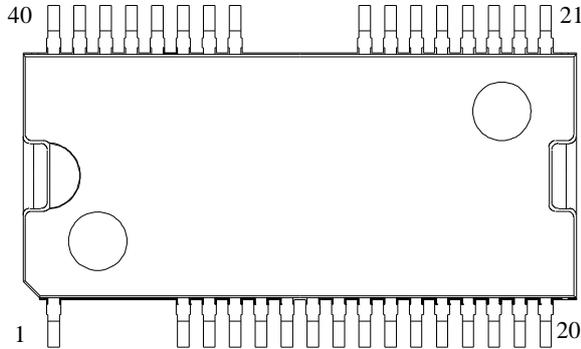
図 3-1 スwitchング時間の定義

4. ブロックダイアグラム



5. 各端子機能

1 ピン、33 ピン、40 ピンは、IC 内部で放熱フィン PAD1 (D/ST) に接続されています。
 13 ピン、20 ピン、21 ピンは、IC 内部で放熱フィン PAD2 (GND) に接続されています。



端子番号	端子名	機能	端子番号	端子名	機能
1	D/ST	パワーMOSFET ドレイン、 起動電流入力	21	GND	グラウンド
2	—	(抜きピン)	22	(NC)	(未接続)
3					
4					
5			25		
6	S/OCF	パワーMOSFET ソース、 過電流検出信号入力	26	GND	制御グラウンド
7			27	FREQ	発振周波数設定用コンデンサ接続
8			28	COMP	位相補償用コンデンサ接続
9			—	(抜きピン)	
10					
11					
12	32				
13	GND	グラウンド	33	D/ST	パワーMOSFET ドレイン、 起動電流入力
14	PGND	パワーグラウンド (ゲートドライブ用グラウンド)	34	(NC)	(未接続)
15	OPTION	テスト用端子 (接続不可、端子は オープン状態とする)	35		
16	FB	定電圧制御信号入力	36		
17	VCC	電源入力	37		
18	(NC)	(未接続)	38		
19			39		
20	GND	グラウンド	40	D/ST	パワーMOSFET ドレイン、 起動電流入力
PAD1	D/ST	パワーMOSFET ドレイン、 起動電流入力	PAD2	GND	グラウンド

6. 応用回路例

外付けパワーMOSFET のドレイン端子のサージ電圧が大きくなる電源仕様の場合は、P 巻線間に CRD クランプスナバ回路 (C2、R1、D1) や、ドレイン端子とソース端子間に C または RC ダンパースナバ回路を追加します。

GND 端子 (13 ピン、20 ピン、21 ピン、26 ピン) は、PCB 上ですべてショートしてください。

S/OCP 端子 (6 ピン~12 ピン) は、PCB 上ですべてショートしてください。

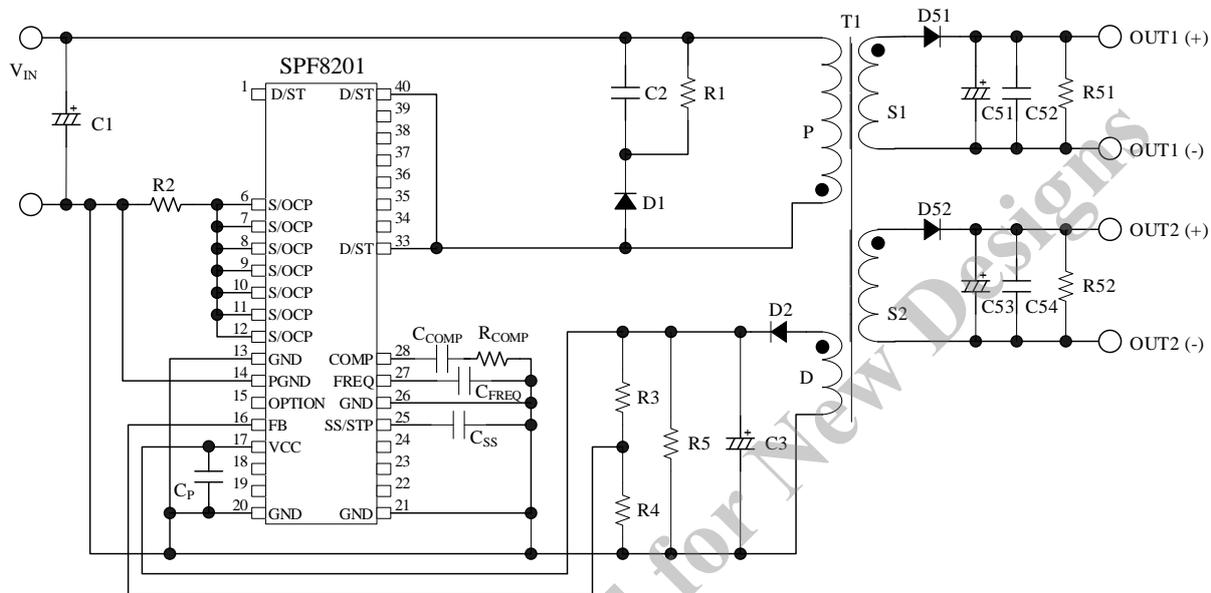
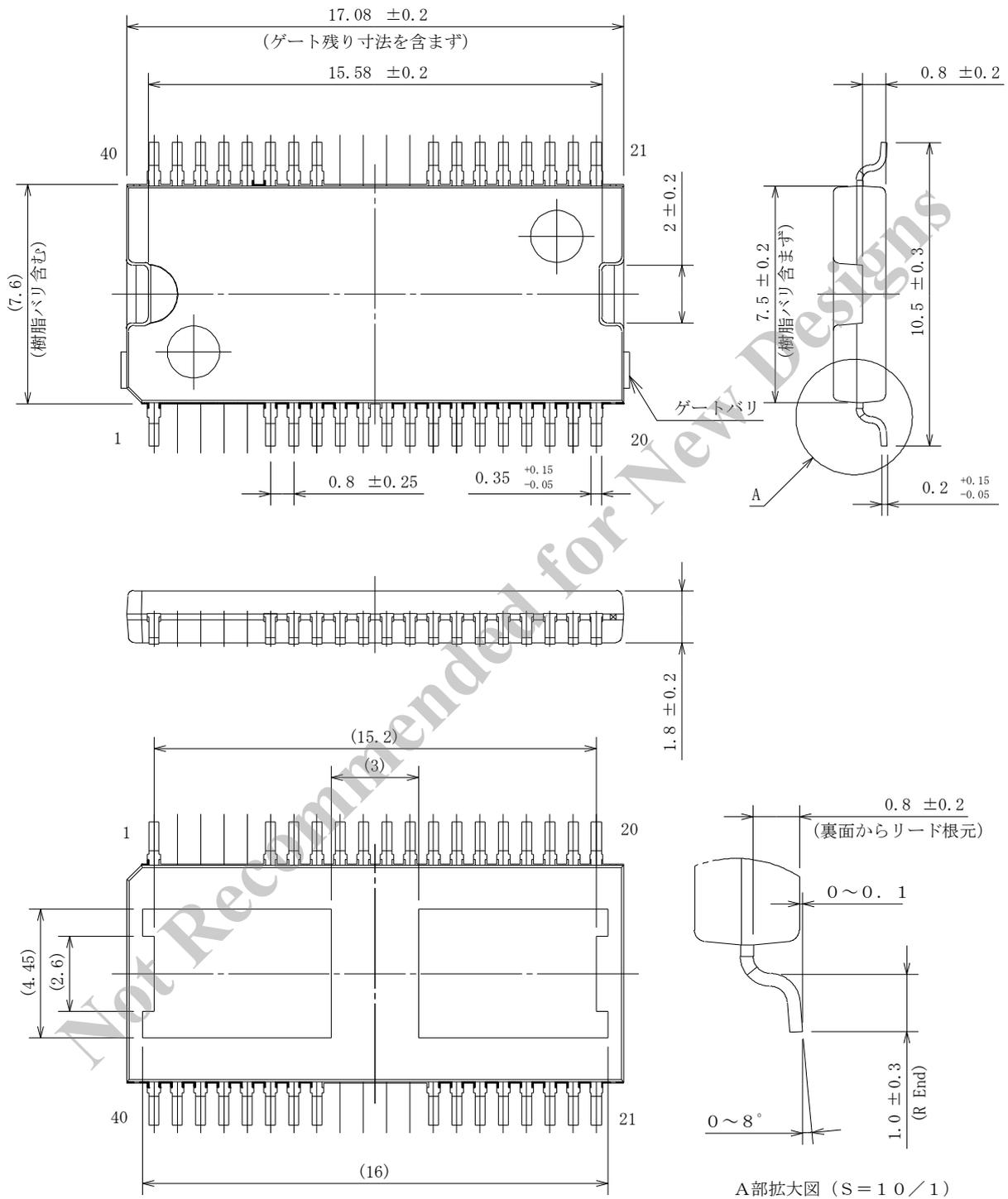


図 6-1 応用回路例

7. 外形図

● HSOP40 パッケージ



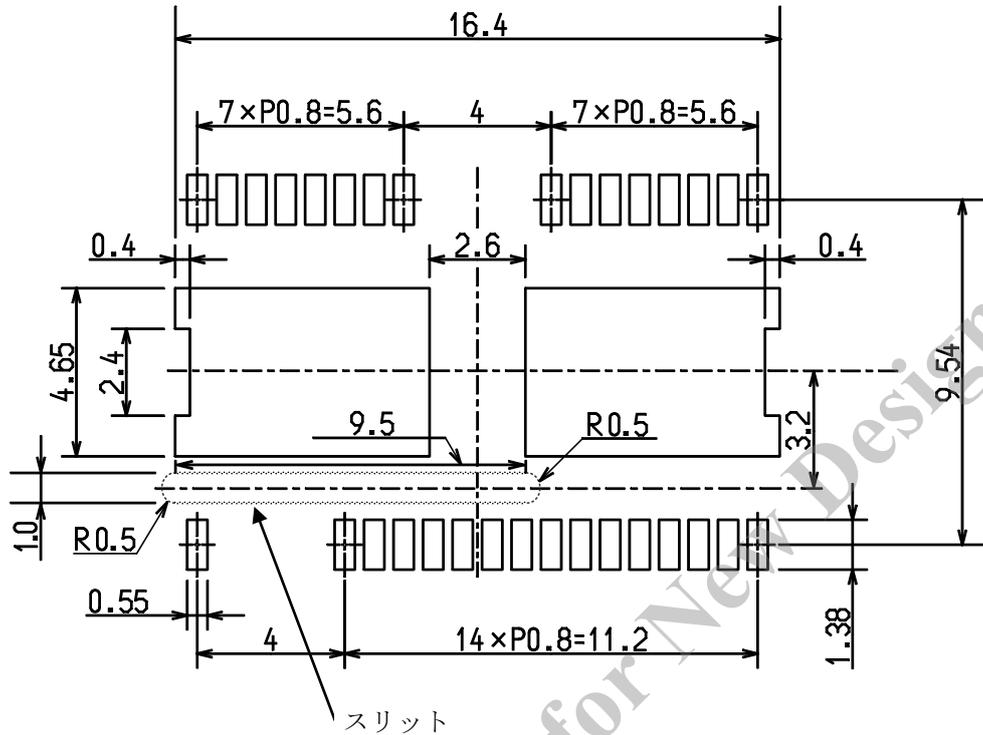
備考：

- 単位：mm
- 端子、放熱パッド部：Pbフリー（RoHS対応）

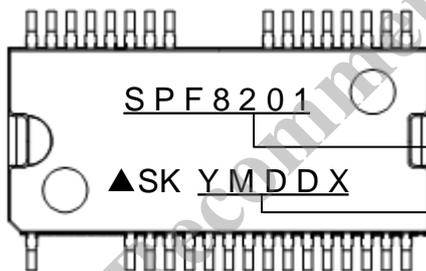
SPF8201

● HSOP40 ランドパターン例

沿面距離を確保するため、必要に応じて基板にスリットを入れてください。



8. 捺印仕様



製品名

ロット番号

Y = 西暦下一桁 (0 ~ 9)

M = 月 (1 ~ 9、O、N、D)

DD = 日 (01 ~ 31)

X = 管理記号

9. 動作説明

特記のない場合の特性数値は Typ. 値を表記します。電流値の極性は、IC を基準として流入（シンク）を“+”、流出（ソース）を“-”と規定します。

9.1. 各端子の設定

9.1.1. D/ST 端子

D/ST 端子はパワー-MOSFET のドレインと、IC の起動回路が接続されています。

9.1.2. VCC 端子

VCC 端子は IC の電源入力端子です。

VCC 端子電圧が大きく変動すると、IC が誤動作する可能性があります。高周波ノイズを除去するため、セラミックコンデンサ C_p を VCC 端子のできるだけ近くに配置し、最短で接続してください。 C_p は 0.1 μF 程度です。

9.1.3. FB 端子

FB 端子は、出力電圧のフィードバック信号の入力端子です。IC は FB 端子電圧が $V_{FB} = 2.50 \text{ V}$ になるように制御します（9.4 項参照）。

9.1.4. GND 端子、PGND 端子

GND 端子は IC の制御グランド、PGND 端子は、IC 内部のゲートドライブ回路用のグラウンドです。

GND 端子の 13 ピン、20 ピン、21 ピンは、内部で放熱フィン（GND）と接続されています。これらの端子は PCB 上で 26 ピン（GND 端子）と接続してください。

制御グランドの電位が変動すると IC の誤動作の原因となります。制御グランドの配線は、PGND 端子の配線やパワーグランドと分けて、できるだけ短く GND 端子に接続します。このとき、制御グランドの配線が、高周波電流が流れる配線の影響を受けないように十分に配慮します。

9.1.5. SS/STP 端子

SS/STP 端子は以下の 3 つの機能を有します。

- ソフトスタート時間の設定（9.3 項参照）
- ドライブ停止機能（9.7 項参照）

- 過負荷保護機能（OLP）遅延時間の設定（9.9 項参照）

SS/STP 端子には、ソフトスタート時間および OLP 遅延時間の設定用のコンデンサ C_{SS} を接続します。 C_{SS} の値は、これら両方の機能を考慮して設定する必要があります。

定常動作時、CSS 端子電圧はのこぎり波になります。SS/STP 端子は $I_{SRC(SS)} = -18 \mu\text{A}$ で C_{SS} を充電し、SS/STP 端子電圧が、 $V_{HSS} = 1.2 \text{ V}$ に達すると $I_{SNK(SS)} = 18 \mu\text{A}$ で C_{SS} を放電します。SS/STP 端子電圧が $V_{LSS} = 1.2 \text{ V}$ まで低下すると、再度充電を開始します。

9.1.6. FREQ 端子

FREQ 端子は、内部の発振器の周波数を設定するためのコンデンサ C_{FREQ} を接続します。発振周波数の設定については、9.6 項を参照してください。

9.1.7. COMP 端子

内部の誤差増幅器の出力端子です。COMP 端子には、図 9-1 のように位相補償用コンデンサ C_{COMP} と抵抗 R_{COMP} を直列に接続します。実機動作にあわせてコンデンサと抵抗の値を調整します。

C_4 、 R_7 はノイズ除去用フィルタです。

内部の誤差増幅器の参考特性を表 9-1 に示します。

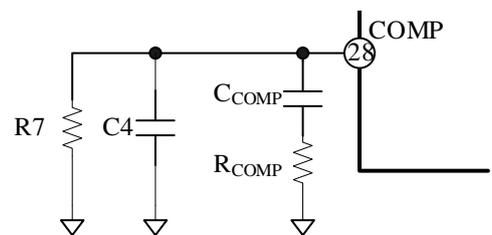


図 9-1 COMP 端子周辺回路

表 9-1 内部誤差増幅器の参考特性

項目	記号	Min.	Typ.	Max.	単位
出力 High 電圧	V_{CMPH}	2.4	—	—	V
出力 Low 電圧	V_{CMPL}	—	—	0.2	V
出力電流	I_{COMP}	± 80	± 120	± 160	μA
トランスコンダクタンス	gm	1100	1500	1900	$\mu\text{A/V}$

9.1.8. S/OCP 端子

S/OCP 端子は、内蔵しているパワーMOSFET のドレイン電流の検出端子で、内部でパワーMOSFET のソースに接続されています。S/OCP 端子と GND 端子間に電流検出抵抗 R_{OCP} を接続します。S/OCP 端子で検出したドレイン電流値を用いて、出力電圧の制御 (9.4 項参照) や、過電流保護を行います。

過電流検出抵抗の設定については 9.8 項を参照してください。

9.2. IC の起動

本 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。電源電圧 V_{IN} が印加されると、IC 内部の起動回路が動作します。起動回路が動作すると IC 内部で定電流化した起動電流 $I_{STARTUP} = 2.5 \text{ mA}$ は、VCC 端子に接続した電解コンデンサ C3 を充電し、VCC 端子電圧が動作開始電源電圧 $V_{CC(ON)} = 15.3 \text{ V}$ まで上昇すると、制御回路が動作を開始します。IC が発振を開始すると、VCC 端子への印加電圧は、図 9-2 の補助巻線電圧 V_D を整流平滑した電圧になります。

電源起動後、起動回路は自動的に IC 内部で遮断するため、起動回路による電力消費はなくなります。

VCC 端子と回路電流には、図 9-3 のような関係があり、制御回路動作後、VCC 端子電圧が動作停止電源電圧 $V_{CC(OFF)} = 8.3 \text{ V}$ に低下すると、制御回路は動作を停止し、再び起動前の状態に戻ります。

補助巻線Dの巻数は、電源仕様の入出力変動範囲内で、VCC端子電圧が式(1)の範囲になるように調整します。

$$V_{CC(OFF)}(\text{max.}) < V_{CC} < V_{CC}(\text{max.})$$

すなわち

$$9.6 \text{ (V)} < V_{CC} < 28 \text{ (V)} \quad (1)$$

ただし、図 9-2 のように、補助巻線で電圧検出をする場合は、VCC 端子電圧が式(2)の範囲になるように、補助巻線 D の巻数を調整します。

$$V_{CC(ON)}(\text{max.}) < V_{CC} < V_{CC}(\text{max.})$$

すなわち

$$16.5 \text{ (V)} < V_{CC} < 28 \text{ (V)} \quad (2)$$

IC が動作を開始してから V_D が上昇するまでの

期間は、C3 から IC に電源を供給します。この期間に VCC 端子電圧が、 $V_{CC(OFF)}$ まで下がらないように、C3 の容量を設定する必要があります。一般的な目安として、C3 の容量は $10 \mu\text{F} \sim 47 \mu\text{F}$ 程度です。C3 は実際の動作で確認して選定してください。

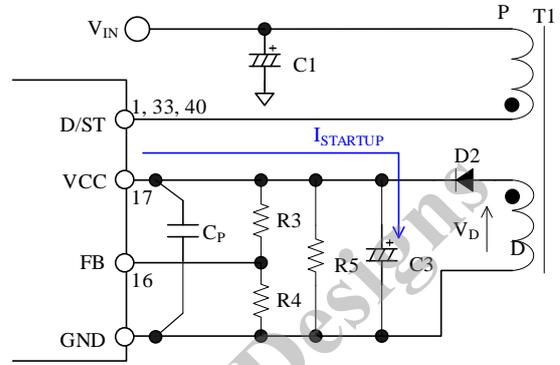


図 9-2 VCC 端子周辺回路

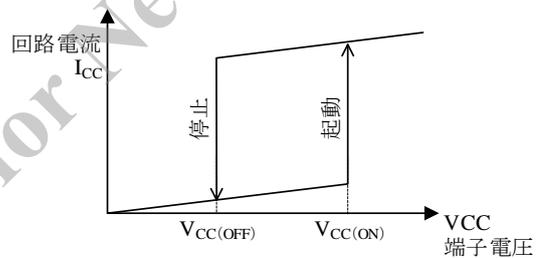


図 9-3 VCC 端子電圧と回路電流 I_{CC}

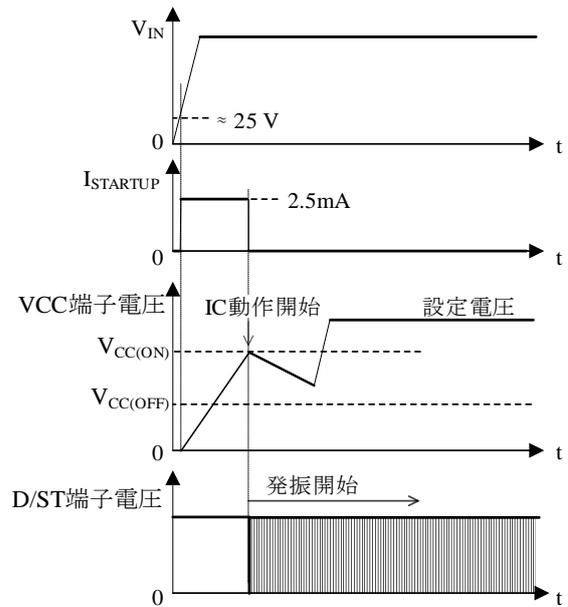


図 9-4 起動時の動作波形

9.3. ソフトスタート機能

本 IC は、電源の起動時にソフトスタートで動作します。これにより、パワー-MOSFET や 2 次側整流ダイオードの電圧・電流ストレスを低減します。

ソフトスタートの時間は SS/STP 端子に接続するコンデンサ C_{SS} で設定します。電源を投入し、VCC 端子電圧が $V_{CC(ON)}$ 以上になると IC は動作を開始し、 C_{SS} は定電流 $I_{SRC(SS)} = -18 \mu A$ で充電されます。

電源投入から SS/STP 端子電圧が $V_{HSS} = 1.2 V$ に達するまで、OCP しきい電圧は SS/STP 端子電圧に比例した電圧になり、徐々にドレイン電流が上昇します。SS/STP 端子電圧が一度でも V_{HSS} に達すると、OCP しきい電圧は $V_{OCP} = 0.50 V$ に固定されます。ソフトスタート時間 t_{SS} は、次式で概略計算できます。

$$t_{SS} (s) = V_{HSS} \times \frac{C_{SS}}{|I_{SRC(SS)}|}$$

$$= 1.2 V \times \frac{C_{SS} (\mu F)}{|-18 \mu A|} \quad (3)$$

C_{SS} の容量は、過負荷保護機能の遅延時間 t_{OLP} も考慮して設定する必要があります。 C_{SS} の容量が小さすぎると、電源起動時に過負荷保護機能が動作し、起動不良になる可能性があります。 C_{SS} の容量は $0.01 \mu F \sim 0.47 \mu F$ を目安に、実機で動作を確認して設定します。

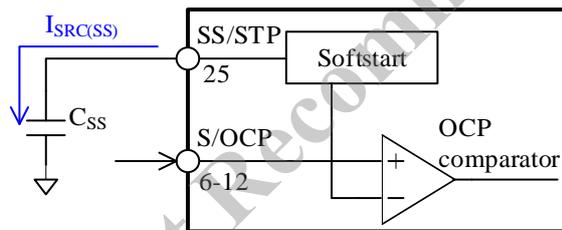


図 9-5 SS/STP 端子周辺回路

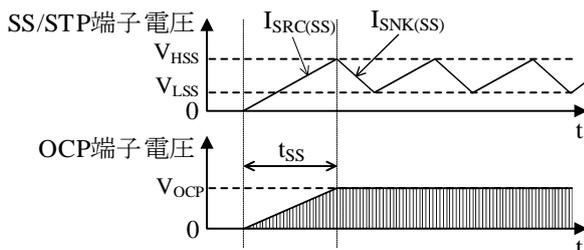


図 9-6 ソフトスタート動作

9.4. 定電圧制御

スイッチング電源の出力電圧の制御には、過渡応答および安定性に優れた電流モード制御を採用しています。IC は、FB 端子と COMP 端子の間に誤差増幅器を内蔵しており、FB 端子電圧をフィードバック電圧 $V_{FB} = 2.50 V$ にするように制御します。

フォトカプラを使用せずに 2 次側の出力電圧を制御する場合、図 9-7 のように補助巻線 D を用い、2 次側出力とトランスで結合した電圧を、1 次側で検出して制御します。補助巻線 D の平滑電圧 V_D と 2 次側出力電圧 V_{OUT} の関係は、式(4)のように補助巻線の巻数 N_D と 2 次側巻線の巻数 N_S の比で決まります。

$$V_{OUT} = \frac{N_D}{N_S} \times V_D \quad (4)$$

V_D を抵抗分圧した電圧は、FB 端子に入力されます。IC は FB 端子電圧を $V_{FB} = 2.50 V$ とするように制御するため、平滑電圧 V_D は、

$$V_D = \frac{(R3 + R4)}{R4} \times V_{FB} \quad (5)$$

となり、2 次側出力電圧 V_{OUT} は次式になります。

$$V_{OUT} = \frac{N_D}{N_S} \times \frac{(R3 + R4)}{R4} \times V_{FB} \quad (6)$$

実際には、2 次側と補助巻線間の漏れインダクタンスや、2 次側整流ダイオード D51 と補助巻線のダイオード D2 の順方向電圧 V_F の差により、 V_{OUT} は式(6)と一致しないため、実機動作で確認して R3 と R4 を調整する必要があります。

$N_D = N_S$ 、 $V_{OUT} = V_D$ として、D51 と D2 に同じダイオードを使用すると、2 次側出力電圧の精度が向上します。

補助巻線の消費電力と 2 次側の消費電力に大きな違いがあると、トランスの漏れインダクタンスの影響で、ロードレギュレーションが悪化します。この場合は、補助巻線の両端にダミー抵抗 $R5$ を接続します。 $R5$ の値は、電源仕様で異なるため、実機動作で調整します。

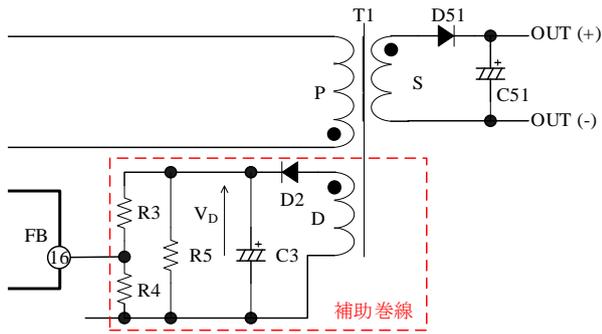


図 9-7 補助巻線による検出

負荷が増減した場合の電圧制御の動作は、以下のとおりです (図 9-8 参照)。

● 2次側の負荷が軽くなった場合

出力電圧の上昇に伴い、補助巻線電圧 V_D および FB 端子電圧が上昇すると、COMP 端子電圧は減少します。IC は、COMP 端子電圧にスロープ補正信号を加えて、FB Comparator の目標値を生成しており、この目標値と S/OCF 端子電圧 (検出抵抗で検出されたパワーMOSFET のドレイン電流) のピーク値を比較し、デューティを制御します。

COMP 端子電圧が減少すると、FB Comparator の目標値が低下します。その結果、パワーMOSFET のドレイン電流のピーク値は低減し、出力電圧の上昇を抑制します。

● 2次側の負荷が重くなった場合

この場合は、上記の逆の動作となり、FB Comparator の目標電圧が増大します。その結果、ドレイン電流のピーク値も増大し、出力電圧の低下を抑制します。

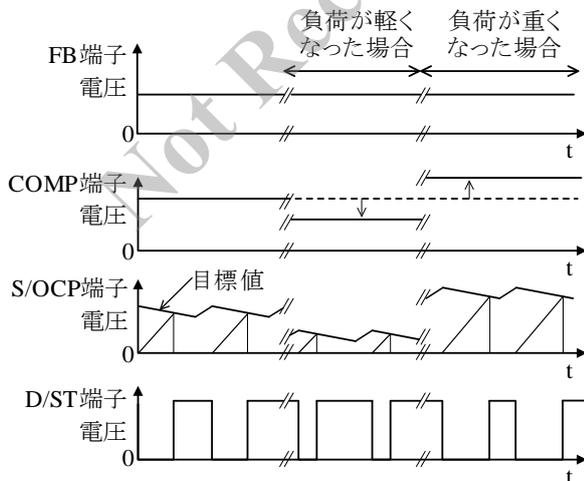


図 9-8 定電圧動作

9.5. 軽負荷時バースト機能

電源の出力電力が低下すると、COMP 端子の電圧を低減し、パワーMOSFET のオン時間を短くして、出力電圧を一定にするよう制御します。しかし、パワーMOSFET のオン時間は、最小オン時間 $t_{ON(MIN)}$ より短くできないので、軽負荷時は、自動的にバースト発振動作 (間欠発振) に切り替えます。

軽負荷時に COMP 端子電圧が、バースト機能動作電圧 $V_{BURST} = 0.29 V$ 以下になると、パワーMOSFET をオフにします。パワーMOSFET がオフになると出力電圧が低下し、FB 端子電圧も低下します。これにより COMP 端子電圧が増加し、再度パワーMOSFET が発振します。このように、軽負荷時はバースト発振動作を繰り返し、出力電圧を一定に制御します。バースト発振の周期やオンデューティ、パワーMOSFET の発振停止期間などは、応用回路や電源仕様に依存します。

9.6. 発振周波数の設定

パワーMOSFET の発振周波数は FREQ 端子のコンデンサ C_{FREQ} で設定します (図 9-9 参照)。

FREQ 端子の電圧は、 C_{FREQ} の充放電で、のこぎり波になります。 C_{FREQ} は図 9-10 のように、 $I_{SRC(FREQ)} = -28 \mu A$ で充電され、FREQ 端子電圧が、 $V_{HF} = 1.2 V$ に達すると内部スイッチで放電されます。FREQ 端子電圧が $V_{LF} = 0.2 V$ まで低下すると、再度 $I_{SRC(FREQ)}$ で充電されます。

のこぎり波の周波数でパワーMOSFET の発振周波数が決まります。また充電と放電の比で、最大オンデューティを制御しています。パワーMOSFET の発振周波数は図 9-11 のグラフを参考に設定してください。

寄生インダクタンスなどの影響で、スイッチング周期が不安定になるのを避けるため、 C_{FREQ} はセラミックコンデンサ (チップタイプ) を使用し、FREQ 端子の近くに配置してください。

最終的に、実機動作で確認し、 C_{FREQ} を設定してください。

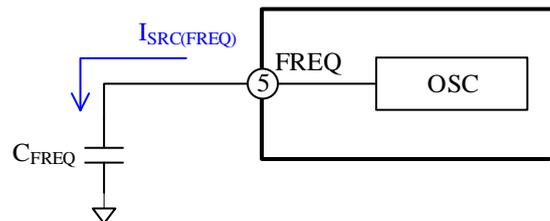


図 9-9 FREQ 端子周辺回路

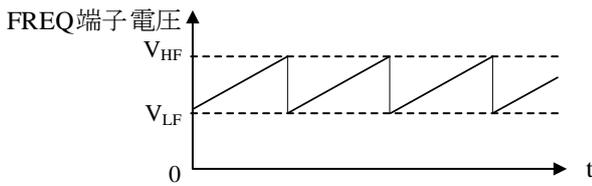
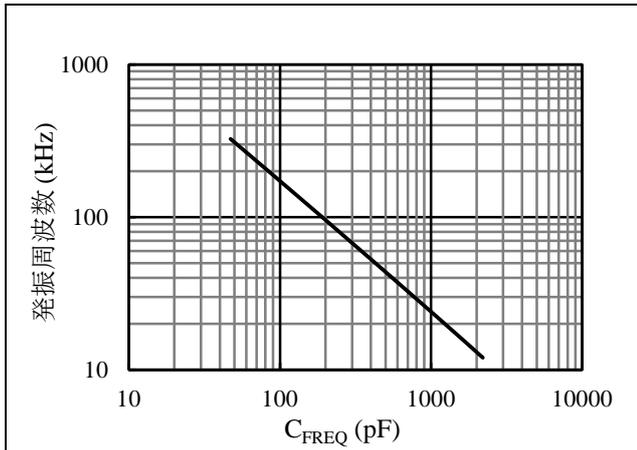


図 9-10 FREQ 端子電圧波形

図 9-11 発振周波数と C_{FREQ} の関係 (参考)

9.7. ドライブ停止機能

本 IC はドライブ停止機能を搭載しており、SS/STP 端子に外部から電圧を印加すると強制的にパワーMOSFET をオフに固定し、発振を停止させることができます。SS/STP 端子電圧が $V_{STS} = 4.0 \text{ V}$ 以上になると、パワーMOSFET をオフに固定します。外部からの電圧印加を停止し、SS/STP 端子電圧が $V_{STR} = 3.6 \text{ V}$ 以下になると発振を再開します。

SS/STP 端子の入力電圧は 6 V 未満に設定してください。

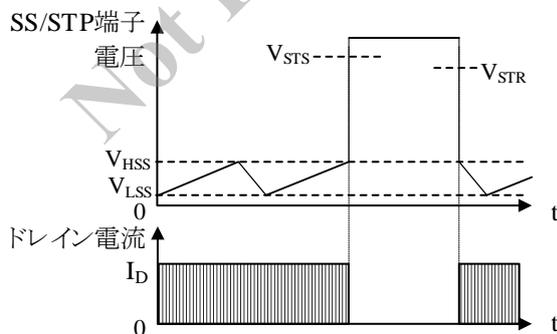


図 9-12 ドライブ停止機能動作波形

9.8. 過電流保護機能 (OCP)

本 IC は、パルス・バイ・パルスの過電流保護機能 (OCP : Overcurrent Protection) を搭載しています。スイッチング周期ごとに S/OCP 端子電圧が OCP しきい電圧 $V_{OCP} = 0.50 \text{ V}$ を超えると、OCP が動作します。OCP が動作すると、パワーMOSFET をターンオフします。これにより、ドレイン電流のピーク値を抑えます。

ドレイン電流の検出抵抗は、高周波の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など、不具合の原因となります。検出抵抗には内部のインダクタンスが小さく、かつサージ耐量の大きな抵抗を選択する必要があります。

また、スイッチング動作時のサージなどにより、IC が誤動作する場合は、S/OCP 端子に RC フィルタなどを追加します。

● 電流検出抵抗の設計例

電流検出抵抗 R_{OCP} の値は、以下の不連続動作時の算出例を参考に設定できます。連続動作の場合は一致しないので、最終的に実機動作で調整が必要です。

入力電圧を V_{IN} 、出力電力を P_{OUT} 、効率を η 、パワーMOSFET のオンデューティを D とすると、不連続動作のドレイン電流のピーク値 I_{PEAK} は次式で算出できます。

$$I_{PEAK} = \frac{2 \times P_{OUT}}{\eta \times V_{IN} \times D} \quad (7)$$

電力 P とドレイン電流値 I_D には次式の関係があります。

$$P = \frac{1}{2} \times L \times I_D^2 \quad (8)$$

これより、ドレイン電流値は \sqrt{P} に比例するので、定格電力 (最小入力電圧における最大出力電力) の 130% で OCP が動作するように設計すると、OCP 動作点におけるドレイン電流ピークは、定格電力における I_{PEAK} の 114% ($\sqrt{130\%}$) 程度になります。

最小入力電圧 $V_{IN(MIN)}$ 、最大出力電力 $P_{OUT(MAX)}$ のときのデューティを $D_{(MAX)}$ 、効率を η とすると、電流検出抵抗 R_{OCP} は次式で算出できます。

$$R_{OCP} = \frac{V_{OCP} \times \eta \times V_{IN(MIN)} \times D_{(MAX)}}{114\% \times 2 \times P_{OUT(MAX)}} \quad (9)$$

ここで、 V_{OCP} は OCP しきい電圧 (0.50 V) です。

不連続動作時、 R_{OCP} に流れる電流は三角波になるため、電流の実効値は次式で算出できます。

$$I_{RMS} = I_{PEAK} \times \sqrt{\frac{D_{(MAX)}}{3}} \quad (10)$$

これより、 R_{OCP} の消費電力は次式で算出できます。

$$P_{ROCP} = R_{OCP} \times I_{RMS}^2 \quad (11)$$

9.9. 過負荷保護機能 (OLP)

本 IC は過負荷保護機能 (OLP : Overload Protection) を搭載しています。過負荷状態 (OCP 動作でドレイン電流のピーク値が制限されている状態、または最大オンデューティでパワー MOSFET が動作している状態) が一定時間 t_{OLP} 続くと、OLP が動作し、パワー MOSFET の発振を停止します。これにより、パワー MOSFET および 2 次側整流ダイオードの部品ストレスを軽減します。

OLP の遅延時間 t_{OLP} は SS/STP 端子に接続したコンデンサ C_{SS} の容量で決まります。 $C_{SS} = 0.01 \mu\text{F}$ のとき、 $t_{OLP} = 38 \text{ ms}$ です。 C_{SS} の容量が異なる場合の t_{OLP} は、次式で概略計算できます。

$$t_{OLP}(\text{ms}) = 38 \text{ ms} \times \frac{C_{SS}(\text{nF})}{0.01 \mu\text{F}} \quad (12)$$

C_{SS} の容量は、9.3 項のソフトスタート時間も考慮して設定します。

パワー MOSFET の発振停止期間は $7 \times t_{OLP}$ で、過負荷状態が解消されるまで、パワー MOSFET は $8 \times t_{OLP}$ の周期で発振と停止を繰り返します。

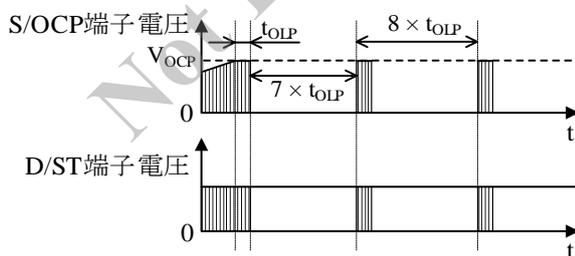


図 9-13 過負荷保護動作

9.10. 過熱保護機能 (TSD)

本 IC は過熱保護機能 (TSD : Thermal Shutdown) を搭載しています。IC のジャンクション温度が $T_{JH(TSD)} = 165 \text{ }^\circ\text{C}$ に達すると TSD が動作し、パワー MOSFET の発振を停止します。発振停止後、IC のジャンクション温度が $T_{JL(TSD)} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ 以下に低下すると、TSD が解除され、パワー MOSFET の発振を再開します。

TSD はアブノーマル動作時に IC を過熱から保護する機能で、長時間発熱が継続する状態での信頼性を含めた IC の動作を保証するものではありません。

10. 設計上の注意点

10.1. 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。

10.1.1. 入力、出力の平滑用電解コンデンサ

電解コンデンサは、リップル電流・電圧・温度上昇に対し、適宜設計マージンを設けます。

また、リップル電圧を低減するため、スイッチング電源用の低 ESR タイプを推奨します。

10.1.2. VCC 端子周辺回路

実際の電源回路は、図 10-1 のように 2 次側出力電流 I_{OUT} により VCC 端子電圧が増加し、過電圧保護動作 (OVP) になる場合があります。これは、パワー MOSFET がターンオフした瞬間に発生するサージ電圧が補助巻線にも誘起し、C3 をピーク充電するためです。これを防止するには、図 10-2 のように、整流用ダイオード D2 と直列に、抵抗 R_{CC} (数 Ω ~ 数十 Ω) の追加が有効です (あわせて 9.4 項のダミー抵抗 R_5 の追加も有効です)。

ただし、出力電流に対する VCC 端子電圧の変化は、使用するトランスの構造により異なるため、実際に使用するトランスに合わせて R_{CC} の最適値を調整する必要があります。

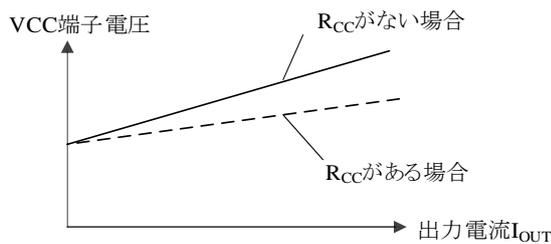
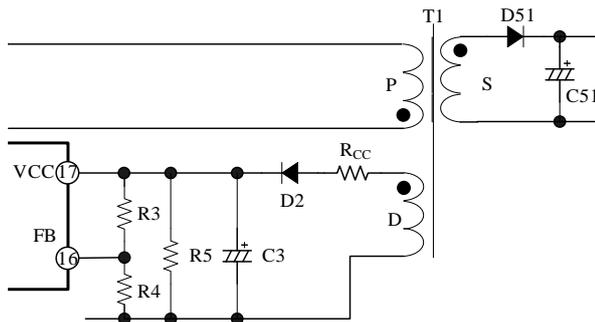
図 10-1 出力電流 I_{OUT} - VCC 端子電圧

図 10-2 VCC 端子周辺回路

10.1.3.2 2次側整流ダイオード周辺回路

図 10-3 に 2 次側整流ダイオード D51 の周辺回路を示します。D51 のノイズを低減するため、必要に応じて図 10-3 のように D51 と並列にセラミックコンデンサ C_{SD} を追加します。また、1 次側のドレイン電流波形に異常なリングングがある場合は、 R_{SD} を追加してこのリングングを抑制し、電源動作を安定させる必要があります。

なお、 C_{SD} と R_{SD} の部品温度は、十分に注意が必要です。

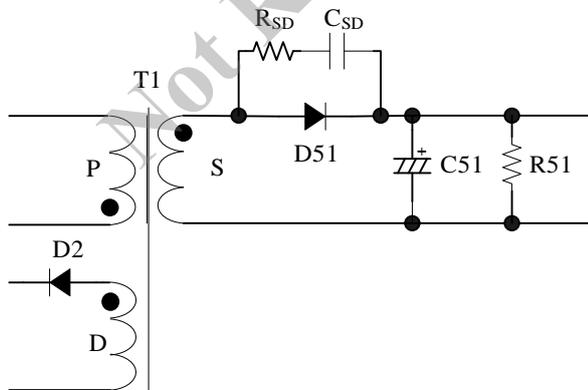


図 10-3 2次側整流ダイオード周辺回路

10.1.4. トランス

トランスは、銅損・鉄損による温度上昇に対し、適宜設計マージンを設けます。スイッチング電流は高周波成分を含むため、表皮効果を考慮する必要があります。

このためトランスに使用する巻線の線径は、動作電流の実効値を考慮し、電流密度が $4 \text{ A/mm}^2 \sim 6 \text{ A/mm}^2$ を目安に選定します。表皮効果の影響などで、さらに温度対策が必要な場合は、巻線表面積を増加させるため、以下の内容を検討します。

- 巻線の本数を増やす
- リッツ線を使用する
- 線径を太くする

また、出力電圧の変化率は下記の場合に大きくなるため、トランス設計時は補助巻線 D の巻き位置に注意が必要です。

- トランスの 1 次側と 2 次側の巻線の結合が悪い場合（出力電圧の低い仕様や、出力電流の大きい仕様などの場合）
- 補助巻線 D と出力巻線の結合が悪い場合

10.2. 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、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、グラウンド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。

さらに、以下に示す内容を配慮したパターン設計が必要です。

図 10-4 に IC 周辺回路の接続例を示します。

(1) 主回路パターン

スイッチング電流が流れる主回路パターンです。このパターンは極力太く、電流ループを小さく配線します。IC と入力電解コンデンサ C1 の距離が離れている場合は、高周波電流ループのインピーダンスを下げるため、トランスもしくは IC の近くに、電解コンデンサやフィルムコンデンサ ($0.1 \mu\text{F}$ 程度) を追加します。

(2) 制御系グラウンドパターン

制御系グラウンドパターンに主回路の大電流が流れると、IC の動作に影響を与える可能性があります。制御系のグラウンドは専用パターンにし、電流検出抵抗 R2 のできるだけ近くに配線します。

(3) VCC 端子周り

補助巻線から C3 のパターンは、高周波電流が流れるパターンのため、極力太く、電流ループを小さく配線します。C3 から VCC 端子、GND 端子、R3、R4、R5 へ接続するパターンは、高周波電流が流れるパターンと交差したり並走したりしないように配線します。

IC と電解コンデンサ C3 の距離が離れている場合は、VCC 端子と GND 端子の近くにフィルムコンデンサ C_p (0.1 μ F~1.0 μ F 程度) などを追加します。

(4) 電流検出抵抗 R2 周り

R2 は、S/OCP 端子の近くに配置します。主回路系と制御系のグラウンドは R2 の近傍で接続します。

(5) 2次側整流平滑回路

このパターンは、スイッチング電流が流れる 2次側主回路パターンです。このパターンは極力太く、電流ループを小さく配線します。

このパターンのインピーダンスを下げると、パワーMOSFET がターンオフする際に発生するサージ電圧を減らすことができます。これにより、パワーMOSFET の耐圧マージンを増やし、クランプスナバ回路のストレスや損失を低減できます。

(6) 温度に関する注意事項

パワーMOSFET のオン抵抗 $R_{DS(ON)}$ は、正の温度係数のため、熱設計に注意が必要です。裏面の放熱パッドを含む、D/ST 端子のパターンは、放熱板として機能するため、極力広く設計します。

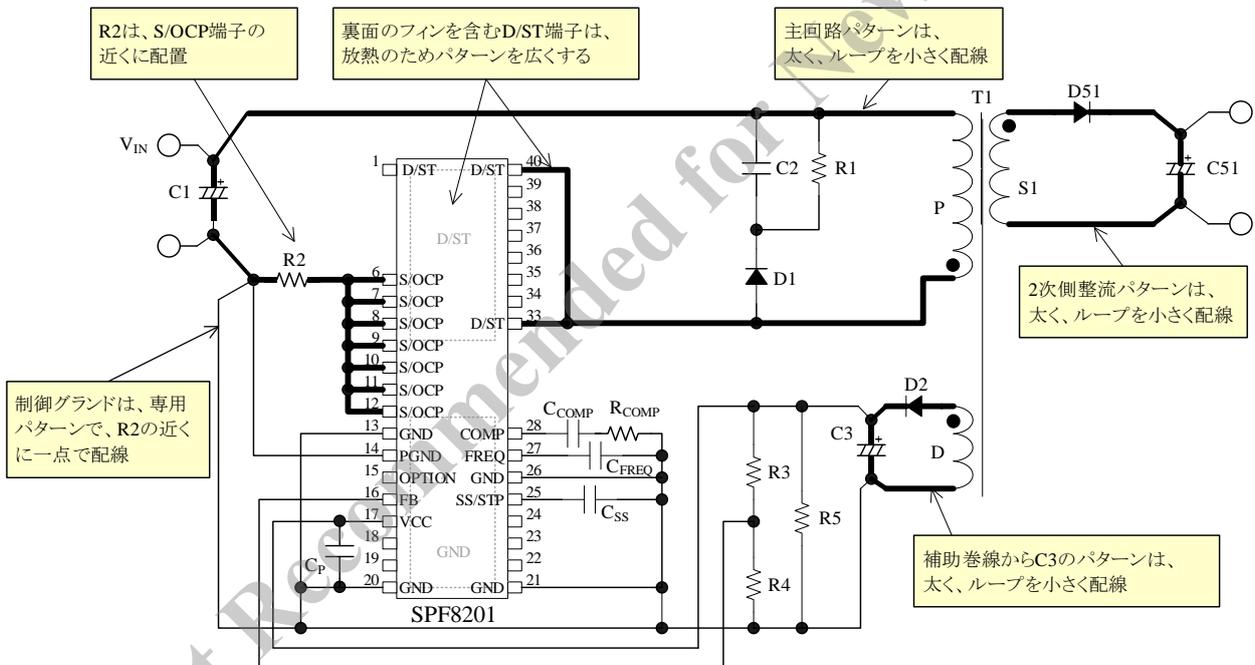


図 10-4 電源 IC 周辺回路の接続例

11. パターンレイアウト例

以下に、SPF8201 を使用した 3 出力タイプのパターンレイアウト例と、その回路図を示します。パターンレイアウト例は、2 次側検出と 1 次側検出兼用です。

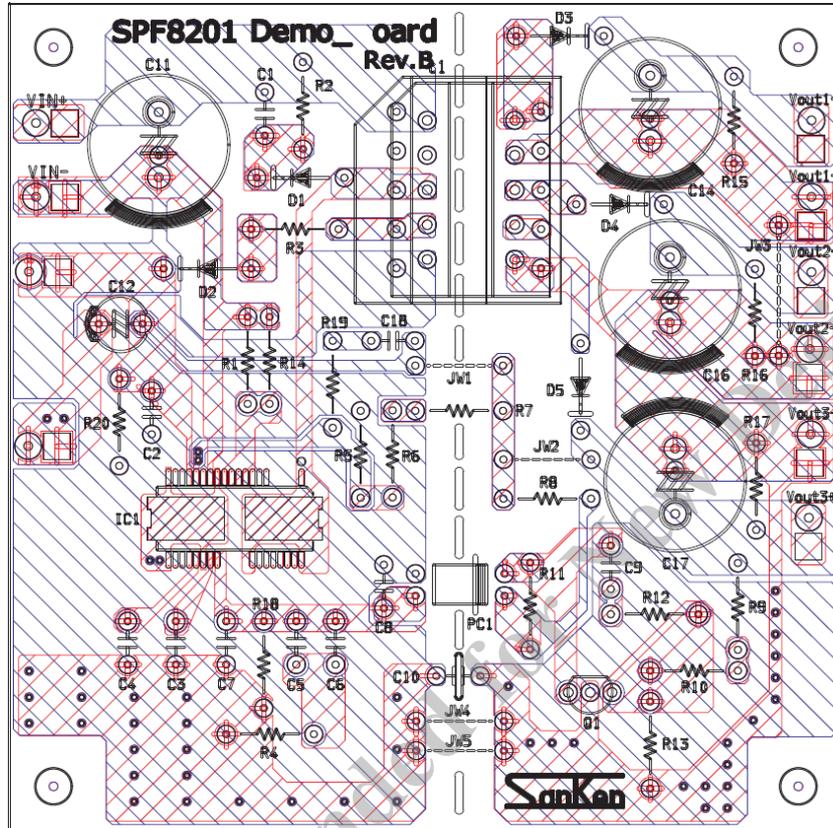


図 11-1 パターンレイアウト例 (2 層配線)

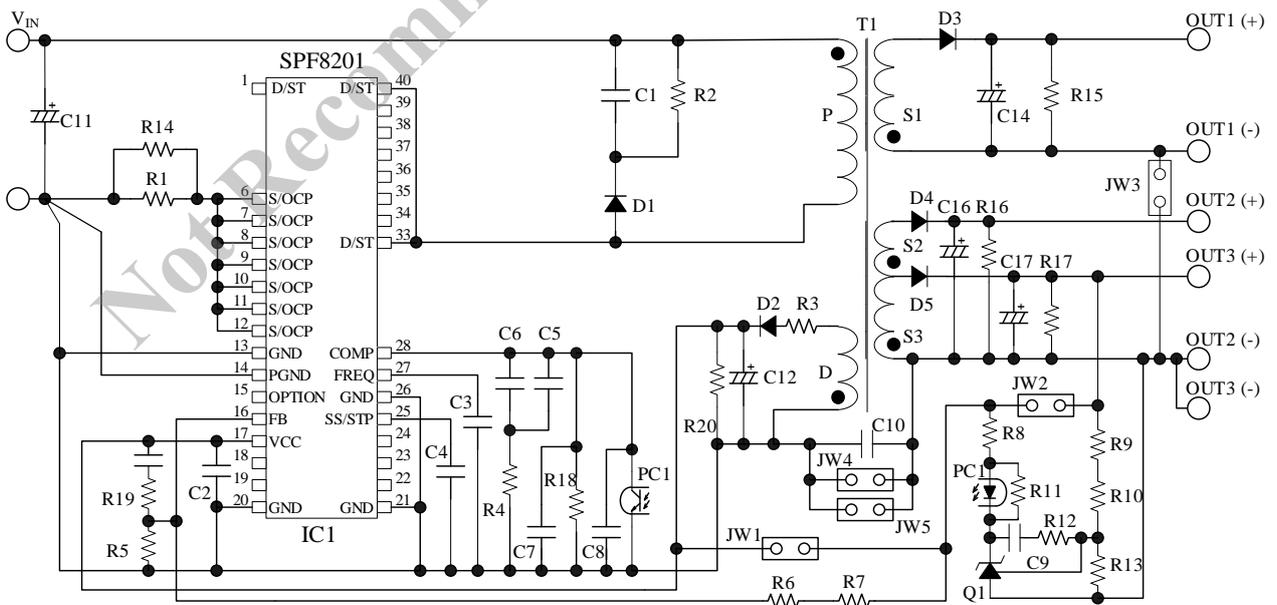


図 11-2 パターンレイアウト例回路図

12. 電源回路例

電源回路例として、電源仕様と、その回路図および部品表、トランス仕様を以下に示します。

12.1. 電源仕様

使用 IC	SPF8201
入力電圧	DC100V～DC400V
最大出力電力	5.5 W
出力 1	15 V, 0.3 A
出力 2	—
出力 3	5 V, 0.2 A

12.2. 回路図

図 11-2 参照

12.3. 部品表

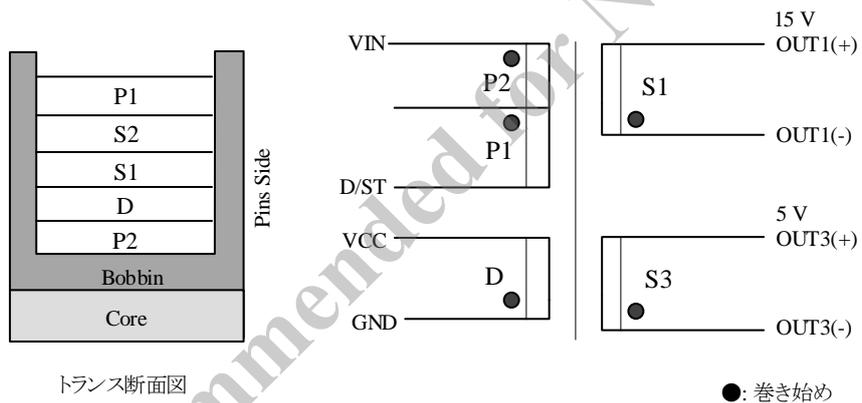
記号	部品名	定格 ⁽¹⁾	弊社 推奨部品	記号	部品名	定格 ⁽¹⁾	弊社 推奨部品
C1	Ceramic	0.01 μ F, 630 V		JW4	General	Open	
C2	Ceramic	0.1 μ F, 50 V		JW5	General	Open	
C3	Ceramic	330 pF, 50 V		PC1	Photo-coupler	Open	
C4	Ceramic	0.047 μ F, 50 V		Q1	Shunt regulator	Open	
C5	Ceramic	0.1 μ F, 50 V		R1	General	1.5 Ω , 1/2 W	
C6	Ceramic	Open		R2	General	150 k Ω , 1/2 W	
C7	Ceramic	0.01 μ F, 50 V		R3	General	33 Ω , 1/2 W	
C8	Ceramic	Open		R4	General	22 k Ω , 1/4 W	
C9	Ceramic	Open		R5	General	2.2 k Ω , 1/4 W	
C10	Ceramic	470 pF, 2 kV		R6	General	13 k Ω , 1/4 W	
C11	Electrolytic	6.8 μ F, 450 V		R7	General	1.2 k Ω , 1/4 W	
C12	Electrolytic	47 μ F, 35 V		R8	General	Open	
C14	Electrolytic	470 μ F, 25 V		R9	General	Open	
C16	Electrolytic	Open		R10	General	Open	
C17	Electrolytic	1000 μ F, 10 V		R11	General	Open	
C18	Ceramic	1 μ F, 50 V		R12	General	Open	
D1	Fast recovery	1000 V, 0.5 A	EG01C	R13	General	Open	
D2	Fast recovery	400 V, 0.7 A	EG01	R14	General	Open	
D3	Fast recovery	400 V, 1 A		R15	General	10 k Ω , 1/4 W	
D4	Fast recovery	Open		R16	General	Open	
D5	Fast recovery	200 V, 1 A		R17	General	10 k Ω , 1/4 W	
IC1	—		SPF8201	R18	General	33 k Ω , 1/4 W	
JW1	General	560 Ω , 1/4 W		R19	General	10 k Ω , 1/4 W	
JW2	General	Open		R20	General	22 k Ω , 1/4 W	
JW3	General	0 Ω		T1	Transformer	12.4 項参照	

12.4. トランス仕様

- 一次側インダクタンス L_p : 1.725 mH
- コアサイズ : EI-22
- Al-value : 156 nH/N² (サイドギャップ 0.18 mm)
- 巻線仕様 : 表 12-1、図 12-1 参照

表 12-1 巻線仕様

巻線名称	記号	巻数 (T)	線形 (mm)	形式
一次巻線	P1	46	φ 0.26	密巻
一次巻線	P2	59	φ 0.26	密巻
VCC 用補助巻線	D	31	φ 23	スペース巻
出力 1 巻線	S1	24	φ 0.32 × 2	密巻
出力 2 巻線	S2	—	—	—
出力 3 巻線	S3	9	φ 0.26	スペース巻



トランス断面図

図 12-1 巻き線構造

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、電子機器（輸送機器とその制御装置、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（交通信号制御装置、防災装置、防犯装置など）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りません。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。

DSGN-AJZ-16003