

# 非絶縁タイプ PWM オフラインスイッチング電源用パワーIC STR5A45xD シリーズ



## データシート

### 概要

STR5A45xD シリーズは、パワーMOSFET と電流モード型 PWM 制御 IC を内蔵した非絶縁タイプのスイッチング電源用パワーICです。

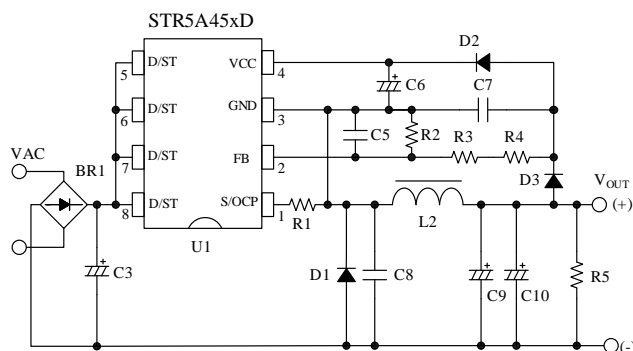
商用電源から、降圧コンバータ、極性反転型コンバータが構成できます。

効率を向上するため、本 IC は負荷に応じて動作モードを固定スイッチング周波数からスイッチング周波数制御、バースト発振動作に自動的に切り替えます。また、充実した保護機能により、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。

### 特長

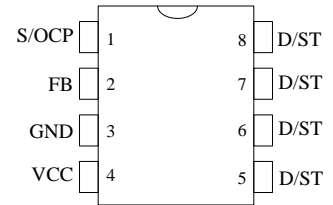
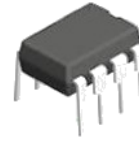
- Pb フリー (RoHS 対応)
- 降圧コンバータ
- 極性反転型コンバータ
- 電流モード型 PWM 制御
- 負荷に応じた動作モードの自動切り替え  
重負荷：固定スイッチング周波数、60 kHz (typ.)  
中負荷：グリーンモード、23 kHz (typ.)~60 kHz (typ.)  
軽負荷：バースト発振動作
- 起動回路内蔵
- エラーアンプ内蔵
- ランダムスイッチング機能
- リーディング・エッジ・ブランキング機能
- ソフトスタート機能
- 保護機能  
入力補正機能付き電流保護 (OCP)：外部電流検出抵抗で電流調整可能  
過負荷保護 (OLP)：自動復帰  
過電圧保護 (OVP)：自動復帰  
ヒステリシス付き過熱保護 (TSD)：自動復帰

### 応用回路例 (降圧コンバータ)



### パッケージ

DIP8



原寸大ではありません。

### ラインアップ

- 代表特性  
 $f_{OSC(AVG)} = 60 \text{ kHz}$   
 $V_{DSS} = 650 \text{ V (min.)}$

製品名	$R_{DS(ON)}$ (max.)	$I_{OUT(MAX)}^*$ (Universal, Open Frame, $V_{OUT} = 24 \text{ V}$ )
STR5A451D	4.0 $\Omega$	0.7 A
STR5A453D	1.9 $\Omega$	0.9 A

\* 周囲温度 50°C における実質的な連続出力電流です。最大出力電流は連続出力電流の 120%~140% 程度まで出力可能です。ただし、放熱設計により出力電流の制限を受けることがあります。

### 推奨電源仕様

項目	降圧 コンバータ	極性反転型 コンバータ
入力電圧	AC 85 V~AC 265 V	
D/ST 入力電圧	$\geq 40 \text{ V}$	
出力電圧範囲*	$> 11 \text{ V}$ $< 27.5 \text{ V}$	$> -27.5 \text{ V}$ $< -11 \text{ V}$

\*出力電圧を上げる場合は、VCC 端子にツェナーダイオードまたはレギュレータを追加

### アプリケーション

- 白物家電
- 補助電源 (マイコン搭載照明機器など)
- モータ制御用電源 (アクチュエータなど)
- 通信機器 (DC48V から DC15V に変換可能)
- その他 SMPS

## 目次

概要	1
1. 絶対最大定格	3
2. 電気的特性	3
3. 機械的特性	5
4. 代表特性	5
4.1 ディレーティング曲線	5
4.2 MOSFET ASO 曲線	6
4.3 $T_A$ - $P_{DI}$ 曲線	6
4.4 過渡熱抵抗曲線	7
5. ブロックダイアグラム	8
6. 各端子機能	8
7. 応用回路例	9
8. 外形図	10
9. 捺印仕様	11
10. 動作説明	12
10.1 IC の起動動作	12
10.2 低入力時動作禁止回路 (UVLO)	12
10.3 電源の起動とソフトスタート機能	12
10.4 定電圧 (CV) 制御	13
10.4.1 降圧コンバータの動作	14
10.4.2 極性反転型コンバータの動作	14
10.5 リーディング・エッジ・ブランキング機能	15
10.6 ランダムスイッチング機能	15
10.7 動作モード	15
10.8 過電流保護機能 (OCP)	16
10.8.1 過電流保護動作	16
10.8.2 過電流保護入力補正機能	16
10.9 過負荷保護機能 (OLP)	16
10.10 過電圧保護機能 (OVP)	17
10.11 過熱保護回路 (TSD)	17
11. 設計上の注意点	17
11.1 外付け部品	17
11.1.1 入力、出力の平滑用電解コンデンサ	17
11.1.2 インダクタ	18
11.1.3 VCC 端子周辺回路	18
11.1.4 FB 端子周辺回路	18
11.1.5 フリーホイールダイオード	18
11.1.6 プリーダー抵抗	18
11.2 D/ST 端子	18
11.3 パターン設計	19
12. パターンレイアウト例 (降圧コンバータ)	21
13. 電源設計例	23
注意書き	25

## STR5A45xD シリーズ

### 1. 絶対最大定格

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。  
 特記がない場合は  $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 、D/ST 端子（5 番～8 番端子）はすべてショートです。

項目	記号	条件	端子	定格	単位	備考
ドレインピーク電流	I <sub>DPEAK</sub>	シングルパルス	8-1	3.6	A	STR5A451D
				5.2		STR5A453D
アバランシェエネルギー耐量 <sup>(1)</sup>	E <sub>AS</sub>	I <sub>LPEAK</sub> = 2.13 A	8-1	53	mJ	STR5A451D
		I <sub>LPEAK</sub> = 2.46 A		72		STR5A453D
S/OCP 端子電圧	V <sub>S/OCP</sub>		1-3	-2~5	V	
FB 端子電圧	V <sub>FB</sub>		2-3	-0.3~7	V	
VCC 端子電圧	V <sub>CC</sub>		4-3	-0.3~32	V	
D/ST 端子電圧	V <sub>D/ST</sub>		4-5	-0.3~V <sub>DSS</sub>	V	
MOSFET 部許容損失	P <sub>D1</sub>	<sup>(2)</sup>	8-1	1.68	W	STR5A451D
				1.76		STR5A453D
制御部許容損失	P <sub>D2</sub>		4-3	1.3	W	
動作周囲温度	T <sub>OP</sub>		—	-40~125	°C	
保存温度	T <sub>STG</sub>		—	-40~125	°C	
ジャンクション温度	T <sub>J</sub>		—	150	°C	

<sup>(1)</sup> シングルパルス、V<sub>DD</sub> = 99 V、L = 20 mH

<sup>(2)</sup> 基板実装時基板サイズ 15 mm×15 mm

### 2. 電気的特性

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。

特記がない場合は  $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 、V<sub>CC</sub> = 18 V、V<sub>D/ST</sub> = 10 V、D/ST 端子（5 番～8 番端子）はすべてショートです。

項目	記号	条件	端子	Min.	Typ.	Max.	単位	備考
<b>電源起動動作</b>								
動作開始電源電圧	V <sub>CC(ON)</sub>		4-3	13.6	15.0	16.6	V	
動作停止電源電圧	V <sub>CC(OFF)</sub>		4-3	7.3	8.0	8.7	V	
動作時回路電流	I <sub>CC(ON)</sub>	V <sub>CC</sub> = 12 V	4-3	—	—	3.0	mA	
起動回路動作電圧	V <sub>ST(ON)</sub>	V <sub>CC</sub> = 13.5 V	8-3	21	29	37	V	
起動電流	I <sub>CC(ST)</sub>	V <sub>CC</sub> = 13.5 V	4-3	-3.0	-1.7	-0.9	mA	
<b>PWM 動作</b>								
平均発振周波数	f <sub>OSC(AVG)</sub>	V <sub>FB</sub> = V <sub>FB(REF)</sub> - 20 mV	8-3	53	60	67	kHz	
発振周波数変動幅	Δf		8-3	—	7.1	—	kHz	
フィードバック基準電圧	V <sub>FB(REF)</sub>		2-3	2.44	2.50	2.56	V	

## STR5A45xD シリーズ

項目	記号	条件	端子	Min.	Typ.	Max.	単位	備考
フィードバック電流 <sup>(1)</sup>	$I_{FB(OP)}$	$V_{FB} = 2.3 \text{ V}$	2-3	-2.4	-0.8	—	$\mu\text{A}$	
S/OCP 端子スタンバイ動作しきい電圧 <sup>(1)</sup>	$V_{OCP(STB)}$		1-3	—	0.11	—	V	
最大オンデューティ	$D_{MAX}$		8-3	56	62	69	%	
<b>保護動作</b>								
リーディング・エッジ・ブランキング時間 <sup>(1)</sup>	$t_{BW}$		—	—	280	—	ns	
過電流補正值 <sup>(1)</sup>	DPC		—	—	15.8	—	mV/ $\mu\text{s}$	
過電流補正制限デューティ <sup>(1)</sup>	$D_{DPC}$		—	—	36	—	%	
ゼロオンデューティ時 OCP しきい電圧	$V_{OCP(L)}$		1-3	0.640	0.735	0.830	V	
OCP しきい電圧	$V_{OCP(H)}$		1-3	0.74	0.83	0.92	V	
LEB ( $t_{BW}$ ) 時 OCP しきい電圧	$V_{OCP(LEB)}$		1-3	—	1.61	—	V	
OVP しきい電圧	$V_{CC(OVP)}$		4-3	27.5	29.3	31.3	V	
起動時過負荷保護遅延時間	$t_{OLP}$	$V_{FB} = 0.41 \text{ V}$	8-3	53	70	88	ms	
過負荷保護動作後回路電流	$I_{OLP}$	$V_{CC} = 9 \text{ V}$	4-3	—	300	—	$\mu\text{A}$	
起動時 FB 端子ショート保護遅延時間	$t_{FBSH}$	$V_{FB} = 0.2 \text{ V}$	8-3	13.0	17.5	22.0	ms	
起動時スタンバイ動作禁止時間	$t_{STB(INH)}$	$V_{FB} = 2.6 \text{ V}$	8-3	2.0	3.0	4.0	ms	
熱保護動作温度 <sup>(1)</sup>	$T_{J(TSD)}$		—	135	—	—	$^{\circ}\text{C}$	
熱保護ヒステリシス <sup>(1)</sup>	$T_{J(TSD)HYS}$		—	—	80	—	$^{\circ}\text{C}$	
<b>MOSFET 部</b>								
ドレイン・ソース間電圧	$V_{DSS}$	$I_{DS} = 50 \mu\text{A}$	8-1	650	—	—	V	
ドレイン漏れ電流	$I_{DSS}$	$V_{DS} = V_{DSS}$	8-1	—	—	50	$\mu\text{A}$	
オン抵抗	$R_{DS(ON)}$	$I_{DS} = 0.4 \text{ A}$	8-1	—	—	4.0	$\Omega$	STR5A451D
				—	—	1.9		STR5A453D
スイッチング・タイム	$t_f$		8-1	—	—	250	ns	
<b>熱特性</b>								
ジャンクション-ケース間熱抵抗 <sup>(1)(2)</sup>	$\theta_{J-C}$		—	—	—	18	$^{\circ}\text{C/W}$	STR5A451D STR5A453D

<sup>(1)</sup> 設計保証

<sup>(2)</sup> MIC のジャンクションとケース間の熱抵抗。ケース温度 ( $T_C$ ) は、捺印面中央部の温度で規定。

## STR5A45xD シリーズ

### 3. 機械的特性

項目	条件	Min.	Typ.	Max.	単位	備考
質量		—	0.51	—	g	

### 4. 代表特性

#### 4.1 ディレーティング曲線

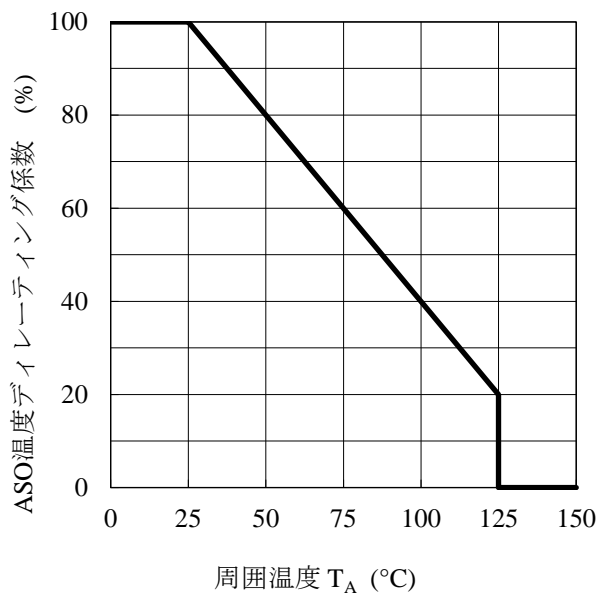


図 4-1 ASO 温度ディレーティング係数曲線

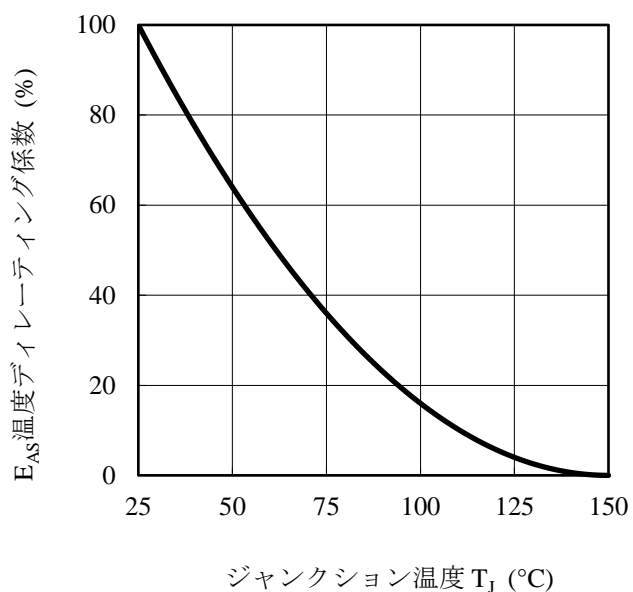


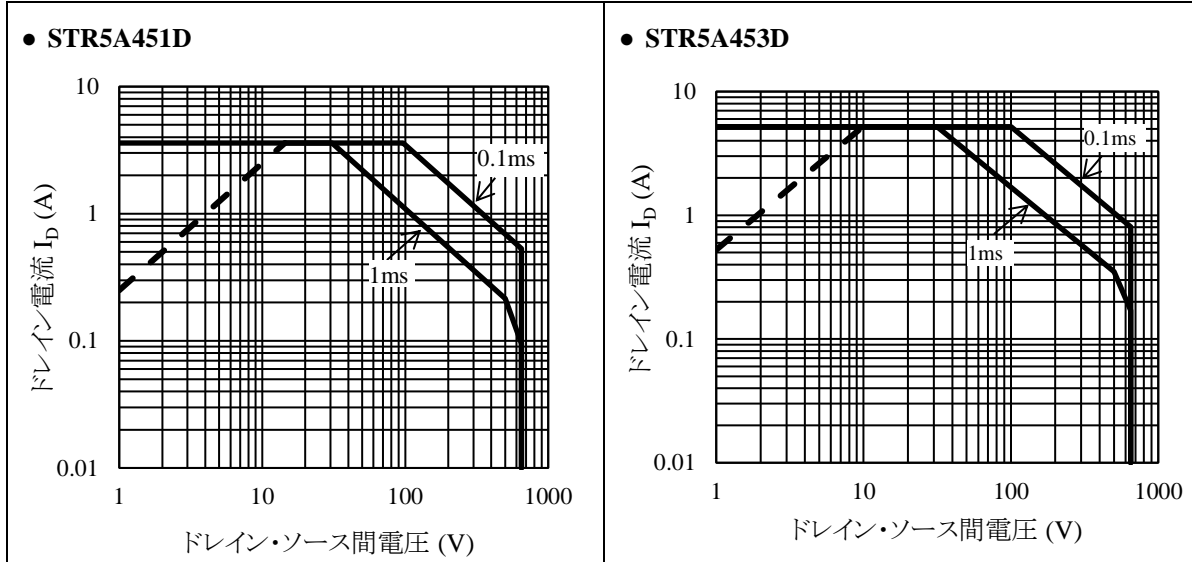
図 4-2 アバランシェエネルギー耐量  
ディレーティング曲線

## STR5A45xD シリーズ

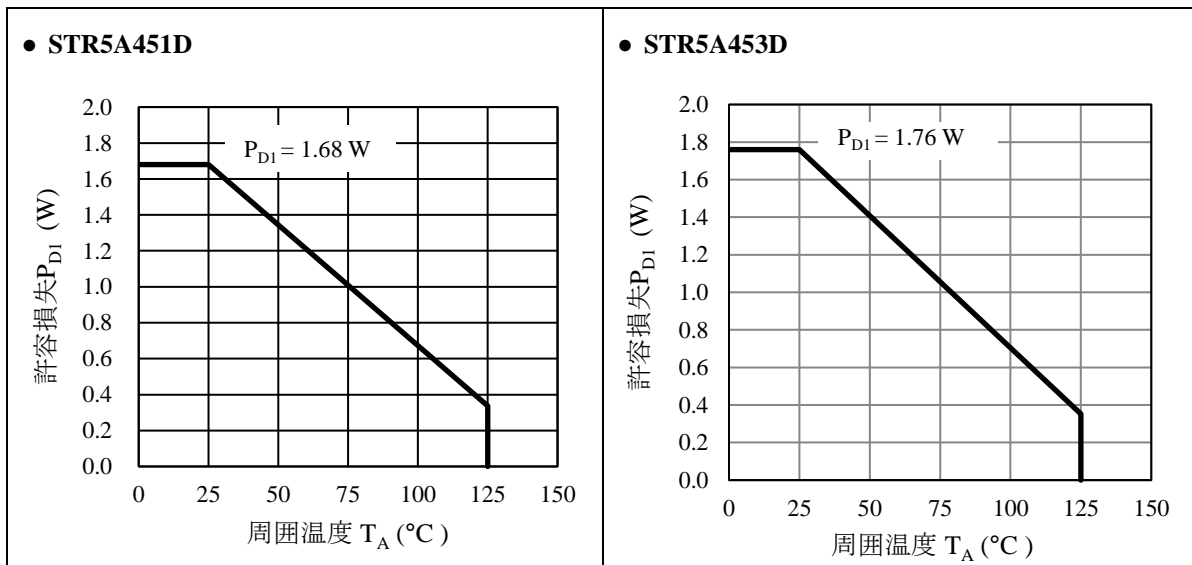
### 4.2 MOSFET ASO 曲線

ICを使用する際は、図 4-1 より温度ディレーティング係数を求め、ASO 曲線のディレーティングを行います。破線は、オン抵抗による制限曲線です。

特記がない場合の条件は  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、シングルパルスです。

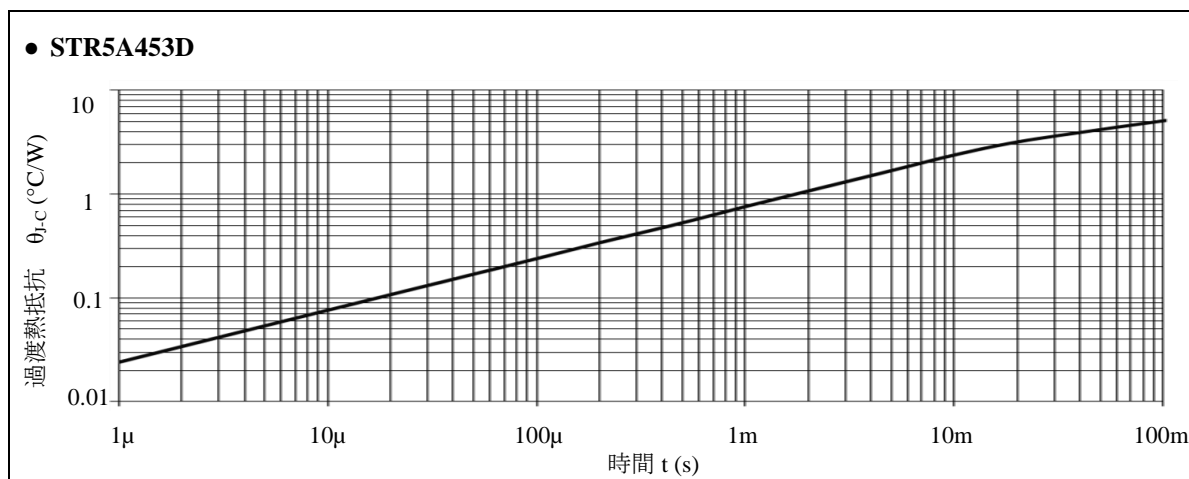
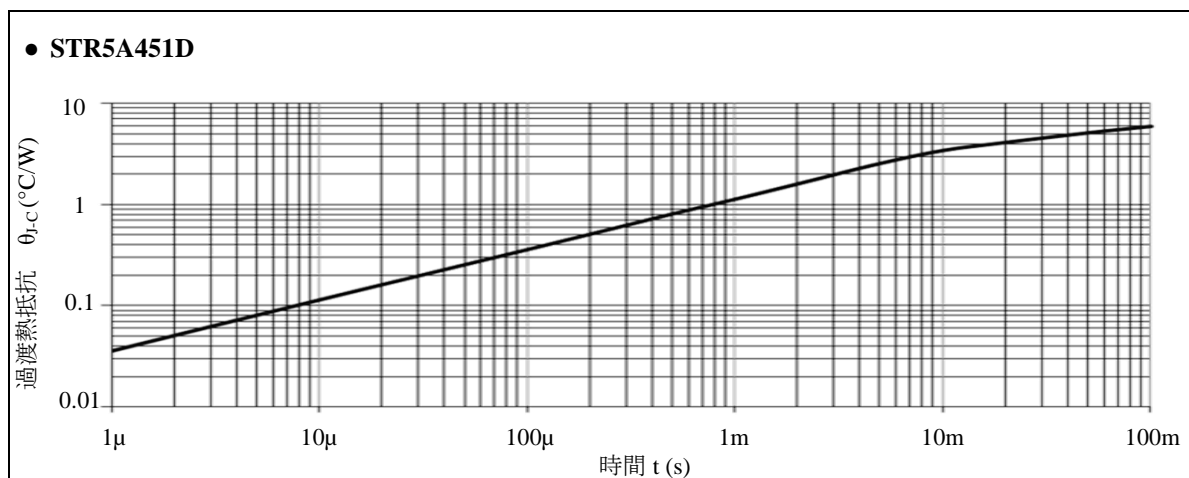


### 4.3 $T_A$ - $P_{D1}$ 曲線



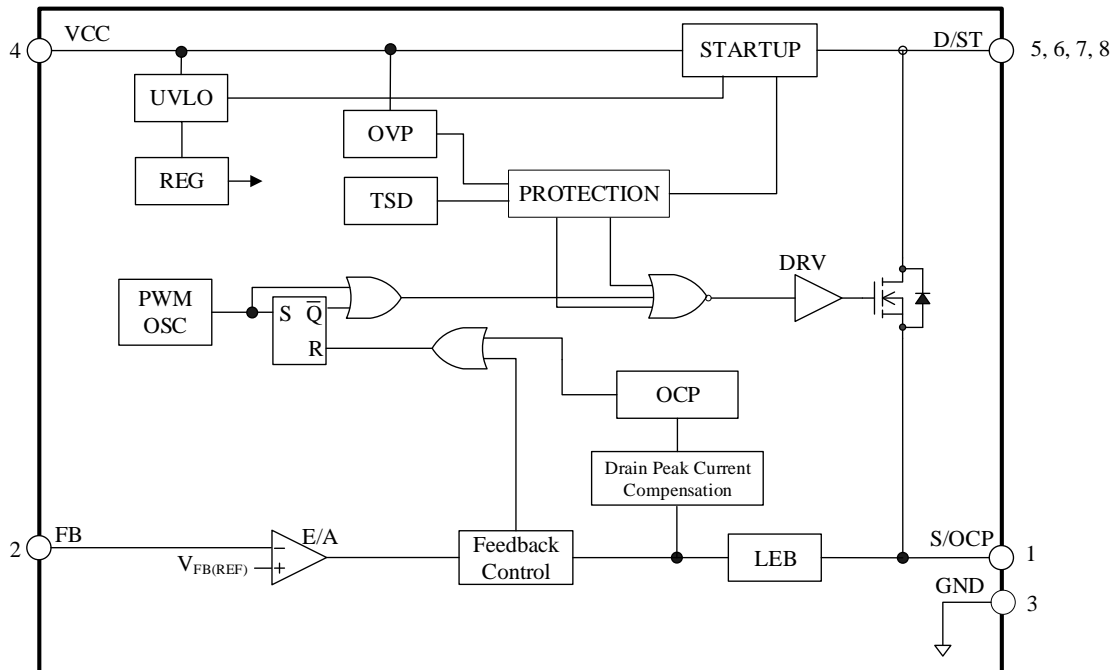
## STR5A45xD シリーズ

### 4.4 過渡熱抵抗曲線

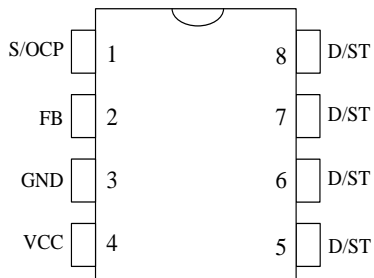


# STR5A45xD シリーズ

## 5. ブロックダイアグラム



## 6. 各端子機能



端子番号	端子名	機能
1	S/OCP	パワーMOSFET ソース/過電流検出信号入力
2	FB	定電圧制御信号入力/過負荷保護信号入力
3	GND	グラウンド
4	VCC	制御回路電源入力/過電圧検出信号入力
5	D/ST	パワーMOSFET ドレイン/起動電流入力
6		
7		
8		



## 7. 応用回路例

図 7-1、図 7-2 に降圧と極性反転コンバータの回路例を示します。

放熱効果を上げるため、D/ST 端子（5 番～8 番端子）のパターンは極力広くします。

出力電圧の絶対値  $|V_{OUT}|$  を 27.5 V 以上にする場合は、図 7-3 のように、D1 と直列にツェナーダイオード DZ1 を接続します。定常動作時のオンデューティを最大 50% とすると、出力電圧の絶対値  $|V_{OUT}|$  は、次項を満たすようにします。ここで、 $V_{DZ1}$  は DZ1 のツェナー電圧です。

$$\text{出力電圧の絶対値 } |V_{OUT}| : 11V < |V_{OUT}| - V_{DZ1} < 27.5V$$

入力電圧に対する  $|V_{OUT}|$  : 降圧コンバータは、1/2 以下に降圧できます。

極性反転コンバータは、入力電圧以下に降圧できます。

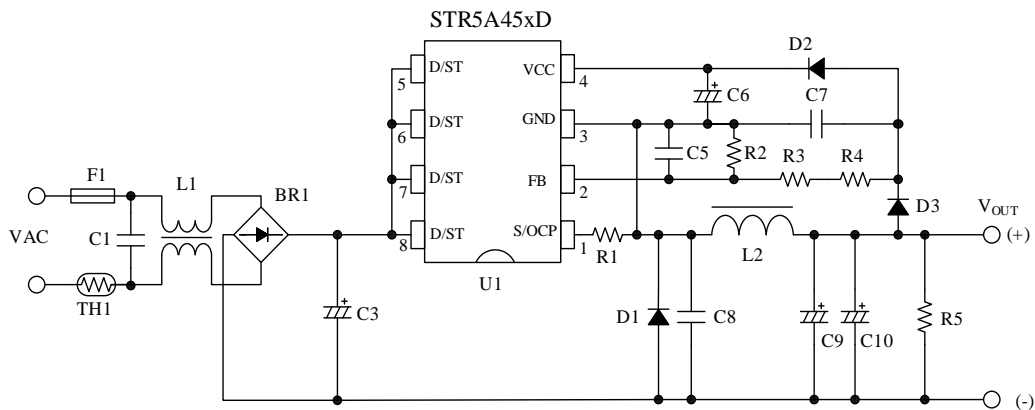


図 7-1 降圧コンバータ

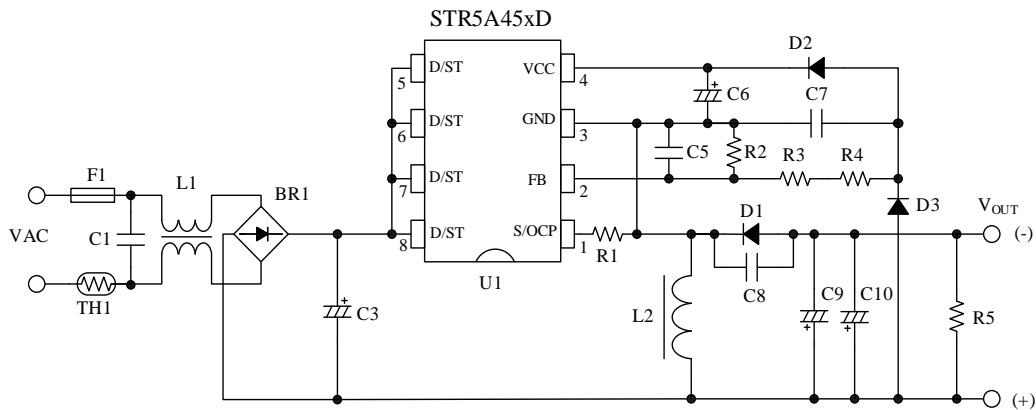


図 7-2 極性反転型コンバータ

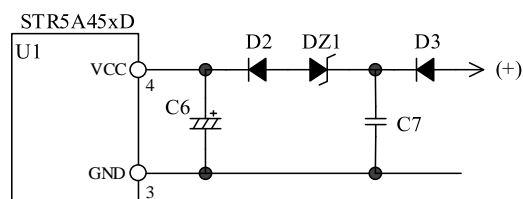
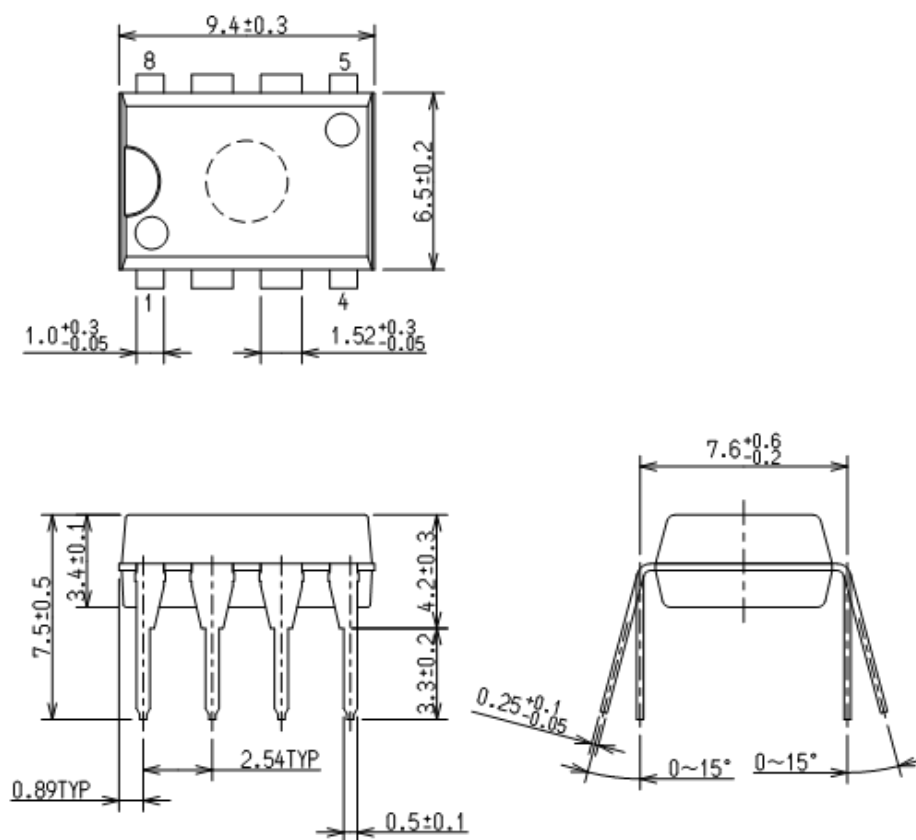


図 7-3 出力電圧  $|V_{OUT}|$  を上げる場合

## STR5A45xD シリーズ

### 8. 外形図

- DIP8



#### 備考：

- 単位：mm
- Pb フリー (RoHS 対応)
- はんだ付けをする場合は、以下の条件内で、できるだけ短時間で作業してください。はんだ付けは製品本体より 1.5 mm のところまでとします。  
フロー：260 °C、10 s (1 回)  
はんだごて：350 °C、3.5 s (1 回)

9. 捺印仕様

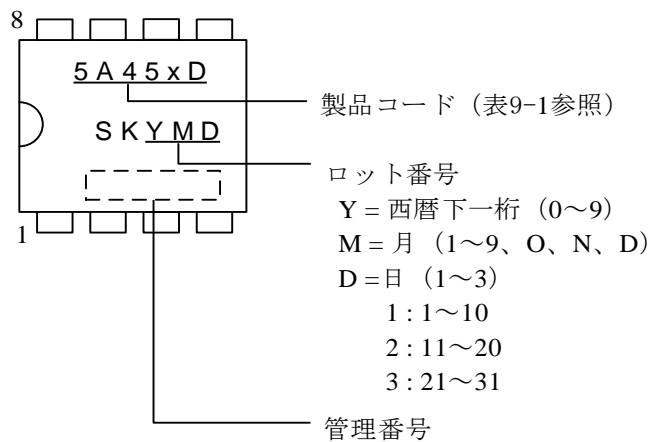


表 9-1 製品コード

製品コード	製品名
5A451D	STR5A451D
5A453D	STR5A453D

10. 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、シンクを“+”、ソースを“-”と規定します。

以下の説明において、降圧と極性反転コンバータの共通項目は降圧コンバータを用いて行います。

10.1 IC の起動動作

VCC 端子周辺回路を図 10-1 に示します。

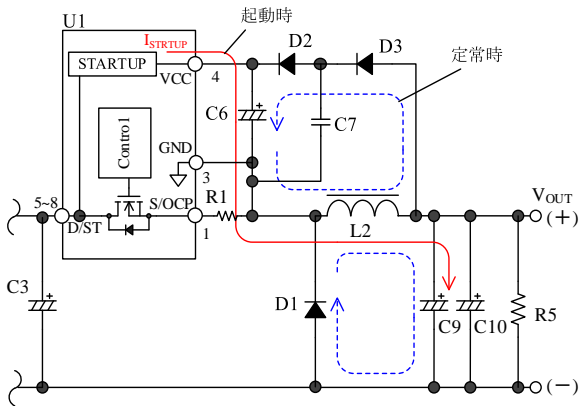


図 10-1 VCC 端子周辺回路 (降圧コンバータ)

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。D/ST 端子の電圧が起動回路動作電圧  $V_{ST(ON)} = 29 \text{ V}$  になると起動回路が動作します。

IC 内部で定電流化した起動電流  $I_{CC(ST)} = -1.7 \text{ mA}$  は、図 10-1 のように VCC 端子に接続した電解コンデンサ C6 を充電し、VCC 端子電圧が動作開始電源電圧  $V_{CC(ON)} = 15.0 \text{ V}$  まで上昇すると、制御回路が動作を開始します。

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。なお、IC の起動時間の概算値は次式で算出します。

$$t_{START} = C6 \times \frac{V_{CC(ON)} - V_{CC(INT)}}{|I_{CC(ST)}|} \text{ (s)} \quad (1)$$

ここで、

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

内部のパワー MOSFET がターンオフすると、出力電圧  $V_{OUT}$  が D2、D3 を通って C6 を充電します (図 10-1 参照)。

ダイオード D1、D2、D3 の順方向電圧を  $V_{FD1}$ 、 $V_{FD2}$ 、 $V_{FD3}$  とすると、定常時の VCC 端子と GND 端子間の電圧は式(2)で算出できます。

$$V_{CC} = V_{OUT} + V_{FD1} - (V_{FD2} + V_{FD3}) \text{ (V)} \quad (2)$$

10.2 低入力時動作禁止回路 (UVLO)

VCC 端子電圧と回路電流  $I_{CC}$  の関係を図 10-2 に示します。VCC 端子電圧が動作開始電源電圧  $V_{CC(ON)} = 15.0 \text{ V}$  に達すると、制御回路が動作を開始し、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源電圧  $V_{CC(OFF)} = 8.0 \text{ V}$  に低下すると、低入力時動作禁止 (UVLO : Undervoltage Lockout) 回路により、制御回路は動作を停止し、再び起動前の状態に戻ります。

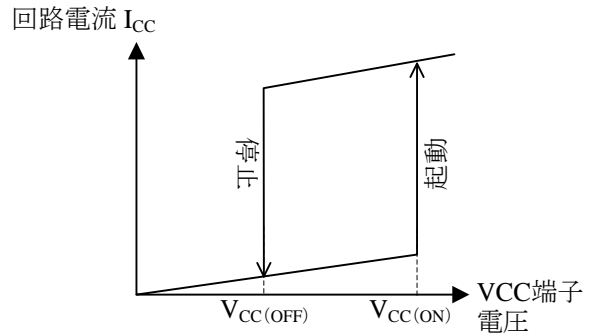


図 10-2 VCC 端子電圧と回路電流  $I_{CC}$

10.3 電源の起動とソフトスタート機能

ソフトスタート機能は、パワー MOSFET およびフリーホイールダイオード D1 の電圧、電流ストレスを低減します。

図 10-3 に起動時の動作波形を示します。

IC の起動後、ソフトスタート動作を開始できるようにスタンバイ動作禁止時間  $t_{STB(INH)}$  を設け、バースト発振動作を禁止しています。ソフトスタート動作期間は、IC 内部で約 10.2 ms に設定されており、この期間に過電流しきい値が 7 段階でステップアップします。IC は出力電圧が設定電圧になるまで、FB 端子電圧に応じた周波数でスイッチング動作をします。

IC が起動してから、FB 端子電圧が 1.6 V になるまでの時間を  $t_{LIM}$  とすると、 $t_{LIM}$  が起動時過負荷保護遅延時間  $t_{OLP} = 70 \text{ ms}$  以上になると、IC は発振を停止します。そのため、 $t_{LIM}$  は、 $t_{OLP}$  未満になるように、出力の電解コンデンサ (図 10-1 の C9、C10)

## STR5A45xD シリーズ

の容量を調整します。

なお、図 10-4 のように VCC 端子電圧が  $V_{CC(OFF)}$  に達し、起動不良になる場合は、C6 の容量を大きくしたり、出力の電解コンデンサ C9、C10 の容量を小さくしたりします。なお、容量を大きくすると IC の起動時間が長くなるので、最終的に実機で動作を確認し、定数を調整します。また、ソフトスタート動作期間は、10.5 項のリーディング・エッジ・ブランキング機能が無効になるため、 $t_{BW} = 280 \text{ ns}$  未満のオン時間になる場合があります。

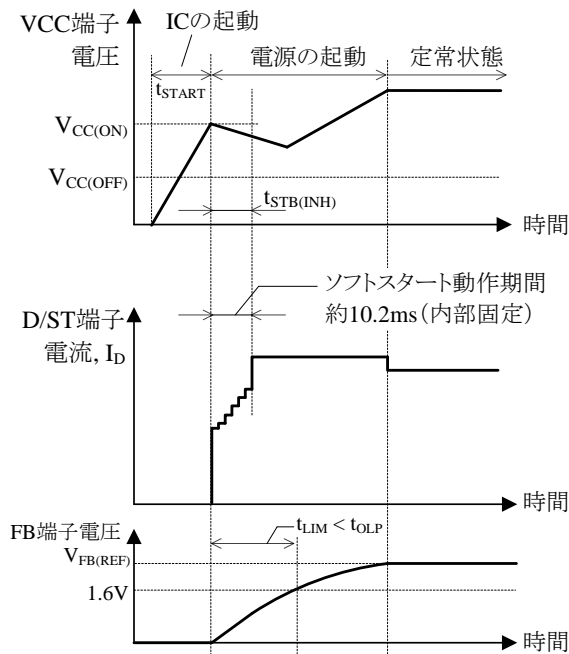


図 10-3 起動タイミング動作

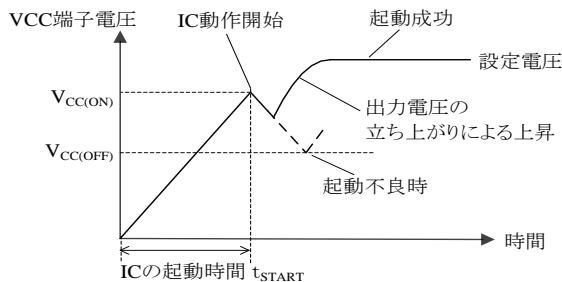


図 10-4 起動時の VCC 端子電圧

## 10.4 定電圧 (CV) 制御

出力電圧の定電圧 (CV) 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制御を使用しています。本 IC は、電流検出抵抗 R1 の両端電圧 ( $V_{ROCP}$ ) と目標電圧 ( $V_{SC}$ ) を内部の FB コンパレータで比較し、 $V_{ROCP}$  のピーク値が  $V_{SC}$  に近づくように制御します。Feedback Control 回路には、FB 端子電圧をエラーアンプで反転した電圧 (目標電圧  $V_{SC}$ ) が入力されます。(図 10-5、図 10-6 参照)。

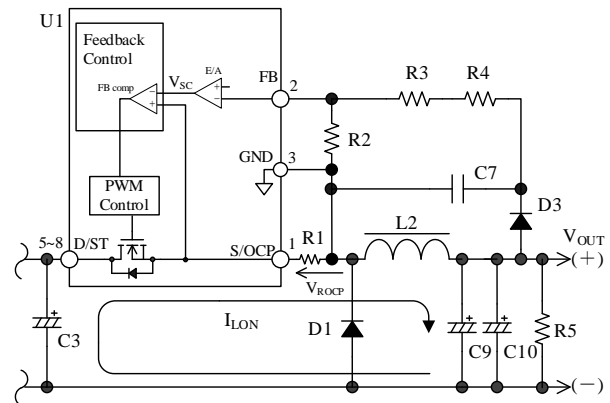


図 10-5 FB 端子周辺回路 (降圧コンバータ)

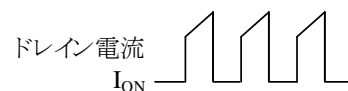
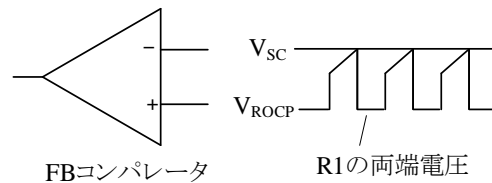


図 10-6 定常時の  $I_D$  と FB コンパレータ動作

- 負荷が減少するとき  
負荷が減少すると、出力電圧の上昇に伴い FB 端子電圧は上昇します。これにより、目標電圧  $V_{SC}$  (エラーアンプ E/A の出力電圧) が下がるため、 $V_{ROCP}$  のピーク値が低下するように制御します。その結果、ドレイン電流のピーク値が減少し、出力電圧の上昇を抑えます。
- 負荷が増加するとき  
負荷が増加すると、前記の逆の動作になり、目標電圧  $V_{SC}$  が高くなるため、ドレイン電流のピーク値が増加し、出力電圧の低下を抑えます。

10.4.1 降圧コンバータの動作

図 10-7 に降圧コンバータの場合の負荷電流経路、図 10-8 にその動作波形を示します。

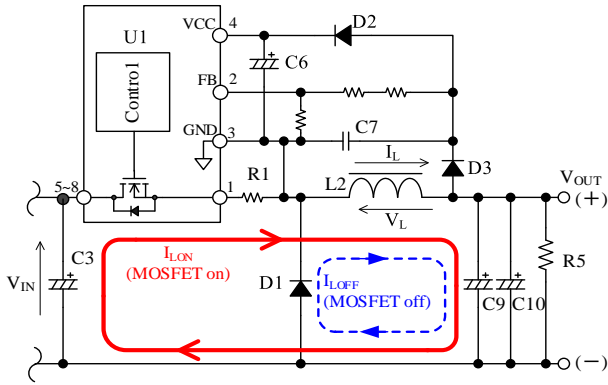


図 10-7 負荷電流経路 (降圧コンバータ)

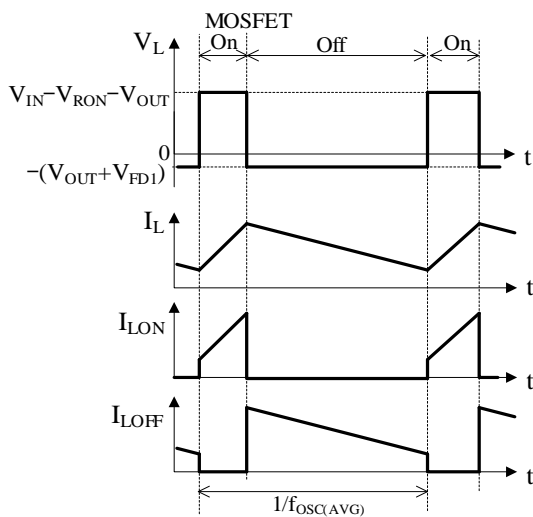


図 10-8 降圧コンバータの動作波形

降圧コンバータの場合の PWM 制御を以下に示します。

1) PWM オン期間

パワーMOSFET がオンすると、図 10-7 の  $I_{LON}$  で示す経路に電流が流れ、インダクタ  $L2$  にエネルギーを蓄えます。このとき、電流検出抵抗  $R1$  に  $I_{LON}$  が流れ、この電流を  $R1$  の両端電圧  $V_{ROCP}$  として検出します。また、FB 端子は、 $C7$  の両端電圧を抵抗分圧した電圧を入力し、この電圧から目標電圧  $V_{SC}$  を作ります。電流検出電圧  $V_{ROCP}$  が  $V_{SC}$  に達したときにパワーMOSFET をターンオフします。

2) PWM オフ期間

パワーMOSFET がターンオフすると、 $L2$  に蓄えたエネルギーにより逆起電力が発生し、フリーホイールダイオード  $D1$  は順方向にバイアスされ、ターンオンします。これにより図 10-7 の  $I_{LOFF}$  で示す経路を通して電流が流れます。

図 10-8 の平均発振周期  $1/f_{OSC(AVG)}$  が経過すると、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。

出力電流は、インダクタ  $L2$  に流れる  $I_L$  の平均値になります。

10.4.2 極性反転型コンバータの動作

図 10-9 に極性反転型コンバータの場合の負荷電流経路、図 10-10 にその動作波形を示します。

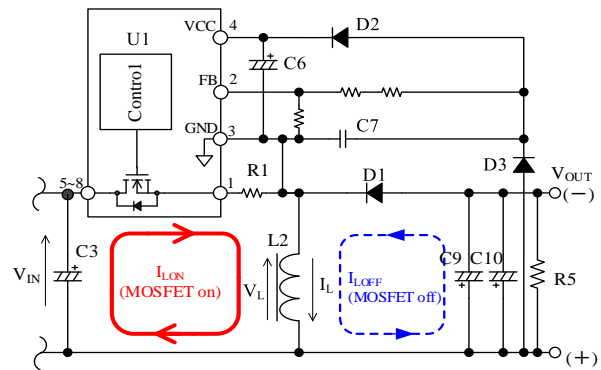


図 10-9 負荷電流経路 (極性反転型コンバータ)

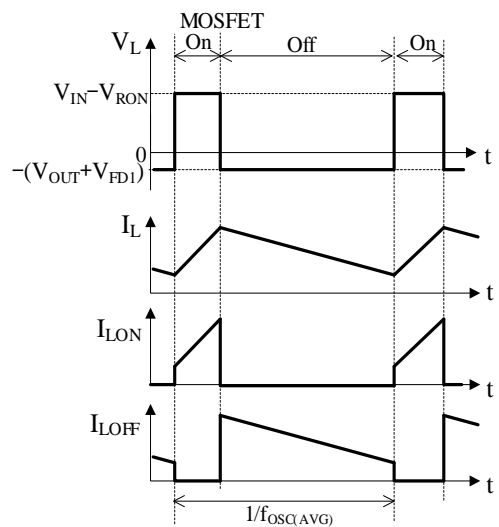


図 10-10 極性反転型コンバータの動作波形

極性反転型コンバータの場合のPWM制御を以下に示します。

1) PWM オン期間

パワーMOSFET がオンすると、図 10-9 の  $I_{LON}$  で示す経路に電流が流れ、インダクタ L2 にエネルギーを蓄えます。このとき、電流検出抵抗 R1 に  $I_{LON}$  が流れ、この電流を R1 の両端電圧  $V_{ROCP}$  として検出します。また、FB 端子は、C7 の両端電圧を抵抗分圧した電圧を入力し、この電圧から目標電圧  $V_{SC}$  を作ります。電流検出電圧  $V_{ROCP}$  が  $V_{SC}$  に達したときにパワーMOSFET をターンオフします。

2) PWM オフ期間

パワーMOSFET がターンオフすると、L2 に蓄えたエネルギーにより逆起電力が発生し、フリーホイールダイオード D1 は順方向にバイアスされ、ターンオンします。これにより図 10-9 の  $I_{LOFF}$  で示す経路を通過して電流が流れます。図 10-10 の平均発振周期  $1 / f_{OSC(AVG)}$  が経過すると、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。

出力電流は、インダクタ L2 に流れる  $I_{LOFF}$  の平均値になります。

10.5 リーディング・エッジ・ブランキング機能

出力電圧の定電圧 (CV) 制御はピーク電流モード制御方式を使用しています。ピーク電流はパワーMOSFET のドレイン電流を電流検出抵抗 R1 で検出しています。パワーMOSFET がターンオンした直後に急しゅんなサージ電流が生じ、これに過電流保護回路 (OCP) が応答すると、パワーMOSFET がオフすることがあります。これを防ぐためパワーMOSFET がターン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  $t_{BW} = 280 \text{ ns}$  は過電流保護動作の OCP しきい電圧を上げ、OCP に応答しにくくしています (10.8.1 項参照)。

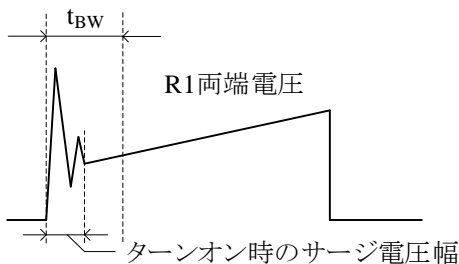


図 10-11 リーディング・エッジ・ブランキング時間

10.6 ランダムスイッチング機能

平均発振周波数  $f_{OSC(AVG)}$  にランダムな周波数の微小変動を重畳する機能を内蔵しています。

これにより、この機能がない製品と比較し、雑音端子電圧 (コンダクションノイズ) が低減するため、入力部のノイズフィルタなどを簡略化できます。

10.7 動作モード

図 10-12 に示すように、出力電力が減少するとパワーMOSFET のドレイン電流の減少と共に自動的に、動作モードを、固定スイッチング周波数 (60 kHz)、スイッチング周波数制御のグリーンモード (23 kHz~60 kHz)、および内部発振器によるバースト発振動作に切り替えます。

グリーンモードはスイッチング回数が減少、バースト発振動作は一定期間スイッチング動作が停止することで、スイッチング損失を低減し、効率を改善します (図 10-13 参照)。

負荷が軽くなると FB 端子電圧が上昇し、S/OCP 端子電圧が S/OCP 端子スタンバイ動作しきい電圧  $V_{OCP(STB)} = 0.11 \text{ V}$  に達すると、バースト発振動作に移行します。

図 10-13 のように、バースト発振動作時は発振期間と発振停止期間があります。発振期間は約 23 kHz でスイッチング動作をします。

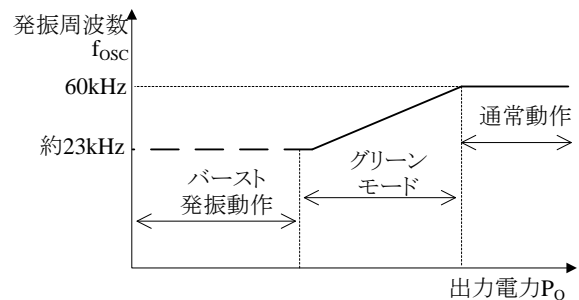


図 10-12 負荷に応じた発振周波数

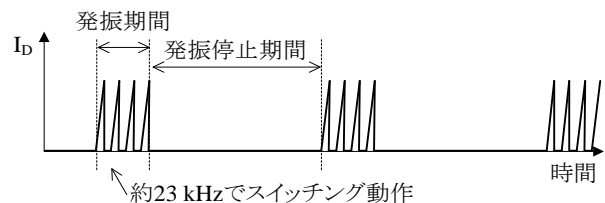


図 10-13 バースト発振動作波形

## 10.8 過電流保護機能 (OCP)

### 10.8.1 過電流保護動作

過電流保護機能 (OCP: Overcurrent Protection) は、パワーMOSFET のドレインピーク電流により電流検出抵抗 R1 電圧が OCP しきい電圧に達すると、パワーMOSFET をターンオフして電力を制限します (パルス・バイ・パルス方式)。

図 10-11 に示すリーディング・エッジ・ブランキング時間  $t_{BW}$  中の OCP しきい電圧は、通常のしきい電圧より高い  $V_{OCP(LEB)} = 1.61 \text{ V}$  に設定されています。しきい電圧を高くすることで、ターンオン時のドレイン電流サージに応答しにくくしています。この過電流保護は、出力短絡時などの保護として動作します。ターンオン時に S/OCP 端子に生じるサージ電圧の幅は、 $t_{BW}$  未満、サージ電圧のピークは  $V_{OCP(LEB)}$  未満にする必要があります。サージ電圧を抑えるため、電流検出抵抗 R1 のパターンレイアウトは注意が必要です。11.3 パターン設計の項を参照し、レイアウトを設計します。

### 10.8.2 過電流保護入力補正機能

一般的な PWM 制御 IC は、制御系を含めた回路に伝搬遅延時間があります。そのため、電源の入力電圧が高くドレイン電流傾斜が急しゅんなほど、実際に流れるドレイン電流のピークは高くなり、検出電圧は OCP しきい電圧よりも高くなります。このように、OCP 動作時のドレイン電流のピークは、入力電圧の変化に対してバラツキが生じる傾向があります。このバラツキを低減するため、入力補正機能を内蔵しています。

入力補正機能とは、電源入力電圧に応じて、図 10-14 のように、OCP のしきい電圧を補正する機能です。

入力電圧が低いときは、OCP しきい電圧が高くなるように制御し、入力電圧が高いときとのドレイン電流ピークの差を小さくします。補正後の OCP しきい値は、オン時間  $6 \mu\text{s}$  以上のときは  $V_{OCP(H)} = 0.83 \text{ V}$ 、 $6 \mu\text{s}$  未満のときは次式(3)の  $V_{OCP}$  になります

$$V_{OCP} = V_{OCP(L)} + DPC \times 10^3 \times ONTime \quad (3)$$

ここで、

$V_{OCP(L)}$  : ゼロオンデューティ時 OCP しきい電圧 (V)

DPC : 過電流補正值 (mV/ $\mu\text{s}$ )

ONTime : MOSFET のオン時間 ( $\mu\text{s}$ )

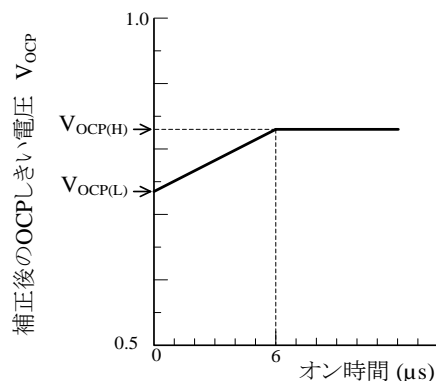


図 10-14 オン時間と補正後の  $V_{OCP}$

## 10.9 過負荷保護機能 (OLP)

過電流保護機能 (OCP) により MOSFET のドレイン電流を制限するため、出力電圧は図 10-15 のような特性になります。

過負荷状態で出力電圧が低下すると、FB 端子電圧が低下します。FB 端子電圧が、 $1.6 \text{ V}$  未満の状態を起動時過負荷保護遅延時間  $t_{OLP} = 70 \text{ ms}$  継続すると、過負荷保護機能 (OLP: Overload Protection) が動作して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  $V_{CC(OFF)}$  まで低下し、制御回路は動作を停止します。その後、起動回路が動作し、起動電流の供給により  $V_{CC(ON)}$  まで上昇すると、制御回路が再び動作します。このように、過負荷状態のときは UVLO による間欠発振動作を繰り返します (図 10-16 参照)。

この間欠発振動作により発振回数が減るため、パワーMOSFET やフリーホイールダイオードなどの部品ストレスを低減します。さらに、間欠動作中の消費電力を小さくできます。過負荷の要因を取り除くと、通常の動作に自動復帰します。

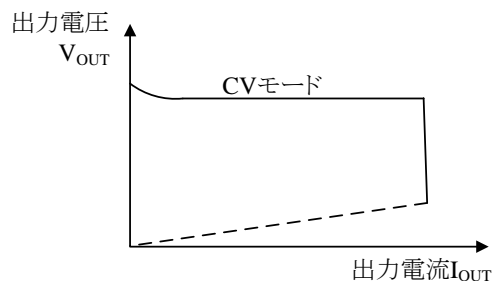


図 10-15 過負荷特性



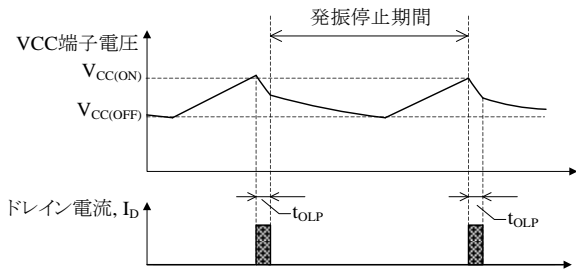


図 10-16 OLP 動作波形

### 10.10 過電圧保護機能 (OVP)

VCC 端子と GND 端子間に、OVP しきい電圧  $V_{CC(OVP)} = 29.3 \text{ V}$  以上を印加すると、過電圧保護機能 (OVP : Overvoltage Protection) が動作し、スイッチング動作を停止します。OVP 動作時は ULVO による間欠発振動作を繰り返します (ULVO による間欠発振動作は 10.9 項を参照)。過電圧の要因を取り除くと、通常の動作に自動復帰します。

図 10-1 の D1、D2、D3 のダイオードの順方向電圧をそれぞれ  $V_{FD1}$ 、 $V_{FD2}$ 、 $V_{FD3}$  とすると、OVP が動作する出力電圧  $V_{OUT(OVP)}$  の概算値は、次式になります。 $V_{OUT(OVP)}$  は  $V_{OUT(+)}$  と  $V_{OUT(-)}$  の間の電圧です。

$$V_{OUT(OVP)} = V_{CC(OVP)} + V_{FD2} + V_{FD3} - V_{FD1} \quad (4)$$

### 10.11 過熱保護回路 (TSD)

図 10-17 に TSD 動作波形を示します。IC の制御回路部のジャンクション温度が、熱保護動作温度  $T_{J(TSD)} = 135 \text{ }^\circ\text{C}$  (min.) 以上に達すると、過熱保護機能 (TSD) が動作し、スイッチング動作を停止します。TSD には温度ヒステリシスがあります。ジャンクション温度が  $T_{J(TSD)} - T_{J(TSD)HYS}$  より高い状態で、VCC 端子電圧が約 9.4 V まで低下すると、起動回路から VCC 端子に起動電流を供給して VCC 端子電圧が  $V_{CC(OFF)}$  まで低下しないように保持します。 $T_{J(TSD)} - T_{J(TSD)HYS}$  以下になると、起動電流の供給を停止します。これにより、VCC 端子電圧が  $V_{CC(OFF)}$  以下に低下して、制御回路は動作を停止します。その後、起動回路が動作し、起動電流の供給により  $V_{CC(ON)}$  まで上昇すると、制御回路が再び動作します。このように、TSD 動作時は TSD と ULVO による間欠発振動作を繰り返します。

過熱の要因を取り除くと、通常の動作に自動復帰します。

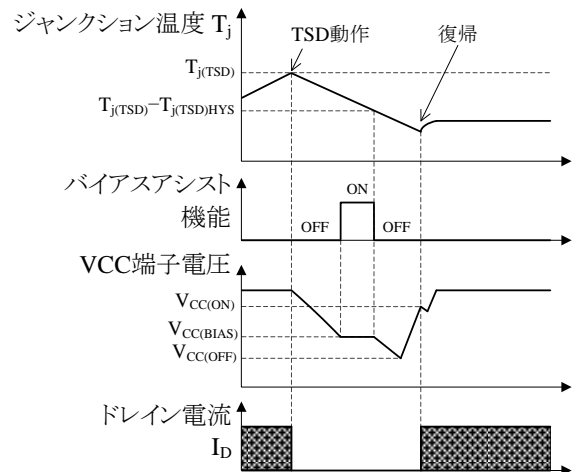


図 10-17 TSD 動作波形

## 11. 設計上の注意点

### 11.1 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。必要に応じて、デレーティングを考慮します。

図 11-1 に降圧コンバータの IC 周辺回路を示します。

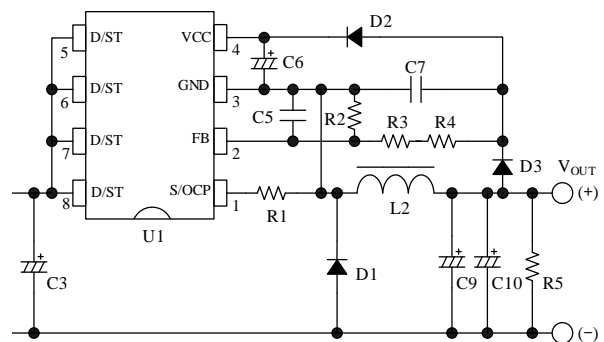


図 11-1 降圧コンバータの IC 周辺回路図

#### 11.1.1 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。

出力の電解コンデンサ C9、C10 の容量は、リップル電圧仕様を満足し、かつ起動時に出力立ち上がり時間が起動時過負荷保護遅延時間  $t_{OLP} = 70 \text{ ms}$  より十分に短くなる容量を選択します。電解コンデンサ

## STR5A45xD シリーズ

はスイッチング電源設計に適した、低 ESR タイプを推奨します。C9、C10 の ESR は次式を満たすものを選択します。

$$Z_{CO} < \frac{\Delta V_{OR}}{I_{LRP}} \quad (5)$$

ここで、

$Z_{CO}$ ：動作周波数における出力電解コンデンサの ESR（一般的なカタログに記載している ESR は 100 kHz 規定している場合が多いため、周波数特性を確認する必要があります）

$\Delta V_{OR}$ ：出力リップル電圧仕様

$I_{LRP}$ ：インダクタのリップル電流

### 11.1.2 インダクタ

銅損・鉄損による温度上昇に対し、適宜マージンを設けます。また、インダクタは磁気飽和しないように設計します。インダクタンス値は、マイナス側許容誤差や直流重畳のインダクタンス低下を考慮した最小値で検討します。なお、IC が定電圧制御をするためにはリーディング・エッジ・ブランキング時間よりもオン時間を長くする必要があります。ユニバーサル入力で設計する場合、AC 入力電圧が最大の軽負荷時にオン時間が短くなりやすいので、インダクタの値を小さくしすぎないように注意します（100  $\mu$ H 以上を推奨）。

降圧コンバータのインダクタの設計方法は、以下の電源設計例を参照してください。

- DEJ0010 STR5A453D 使用 10.5 W (15 V、0.7 A)  
オフライン降圧コンバータ設計例  
<https://www.semicon.sanken-ele.co.jp/common/pdf/designexample/dej0010.pdf>

### 11.1.3 VCC 端子周辺回路

IC の起動時間は、図 11-1 の C6 のコンデンサ容量で決まり、一般的な電源仕様の場合、10  $\mu$ F～47  $\mu$ F 程度です。起動時間は 10.1 項を参照。

### 11.1.4 FB 端子周辺回路

図 11-1 のように、FB 端子は、出力電圧  $V_{OUT}(+)$  と GND 端子間電圧を抵抗分圧した電圧を入力します。

C7 は平滑コンデンサです。C7 の容量は出力の電解コンデンサ C9、C10 の値に依存します。通常、C7 の容量は 0.22  $\mu$ F～4.7  $\mu$ F 程度です。容量を大きくすると軽負荷時のラインレギュレーション特性

は向上しますが、ダイナミック負荷変動時の応答が遅くなるため、注意が必要です。

R2、R3、R4 は FB 端子の基準電圧  $V_{FB(REF)} = 2.50$  V、出力電圧  $V_{OUT}$  などにより決まり、次式(6)の関係があります。R2 の定数は 10 k $\Omega$ ～22 k $\Omega$  程度が目安です。R3、R4 の定数は実機で動作を確認しながら、定数を調整します。

D1、D3 の順方向電圧  $V_F$  は、出力電圧に影響を与えるため、極力  $V_F$  が小さいものを使用します。

$$|V_{OUT}| \cong V_{FB(REF)} \times \frac{R2 + R3 + R4}{R2} + V_{FD3} - V_{FD1}$$

$$\Rightarrow R3 + R4 = \left( \frac{|V_{OUT}| - V_{FD3} + V_{FD1}}{V_{FB(REF)}} - 1 \right) \times R2 \quad (6)$$

ここで、

$V_{FD1}$ ：D1 の順方向電圧

$V_{FD3}$ ：D3 の順方向電圧

### 11.1.5 フリーホイールダイオード

図 11-1 の D1 はフリーホイールダイオードです。パワー MOSFET がターンオフする際、D1 にはリカバリ電流が流れます。このリカバリ電流は回路の損失やノイズに大きな影響を与えます。また、 $V_F$  は出力電圧に影響を与えます。このため、フリーホイールダイオードは、高速リカバリ特性で、極力順方向電圧  $V_F$  が小さいものを使用します。

### 11.1.6 ブリーダー抵抗

軽負荷で使用する場合は、出力電圧の上昇を防止するため、図 11-1 のように、出力平滑電解コンデンサ C9、C10 の両端にブリーダー抵抗 R5 を挿入します。R5 は、次式(7)を満たす抵抗値を接続し、実機で動作を確認して値を調整します。

$$R5 \leq \frac{|V_{OUT}|}{3mA} \quad (7)$$

## 11.2 D/ST 端子

図 11-1 の D/ST 端子の内部に接続しているパワー MOSFET は、D/ST 端子電圧および電流が、絶対最大定格を超えると破壊する可能性があります。

11.3 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、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。

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 11-2、図 11-3 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。
- 2) インダクタの還流ループ  
このパターンは、パワーMOSFET がオフの際、フリーホイールダイオード D3 に電流が流れるパターンです。このパターンは極力太く、電流ループを小さくします。

- 3) 制御系グランドパターン  
制御系グラ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。制御系のグランドは、GND 端子のできるだけ近くに一点で配線します。
- 4) VCC 端子周り  
このパターンは、IC の電源供給用パターンのため、極力電流ループを小さく配線します。IC と電解コンデンサ C6 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<sub>f</sub> (0.1μF~1.0μF 程度)などを追加します。
- 5) FB 端子周り  
FB 端子は、出力電圧を分圧抵抗 R3 + R4、R2 で抵抗分圧した電圧を入力します。検出の精度を上げるため、R4 は C7 の根元、R2 は GND 端子の根元に接続し、R2、R3、FB 端子間の接続パターンは最短で接続します。
- 6) 温度に関する注意事項  
パワーMOSFET のオン抵抗 R<sub>DS(ON)</sub> は、正の温度係数のため、熱設計に注意が必要です。IC の下のパターンや、GND 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。

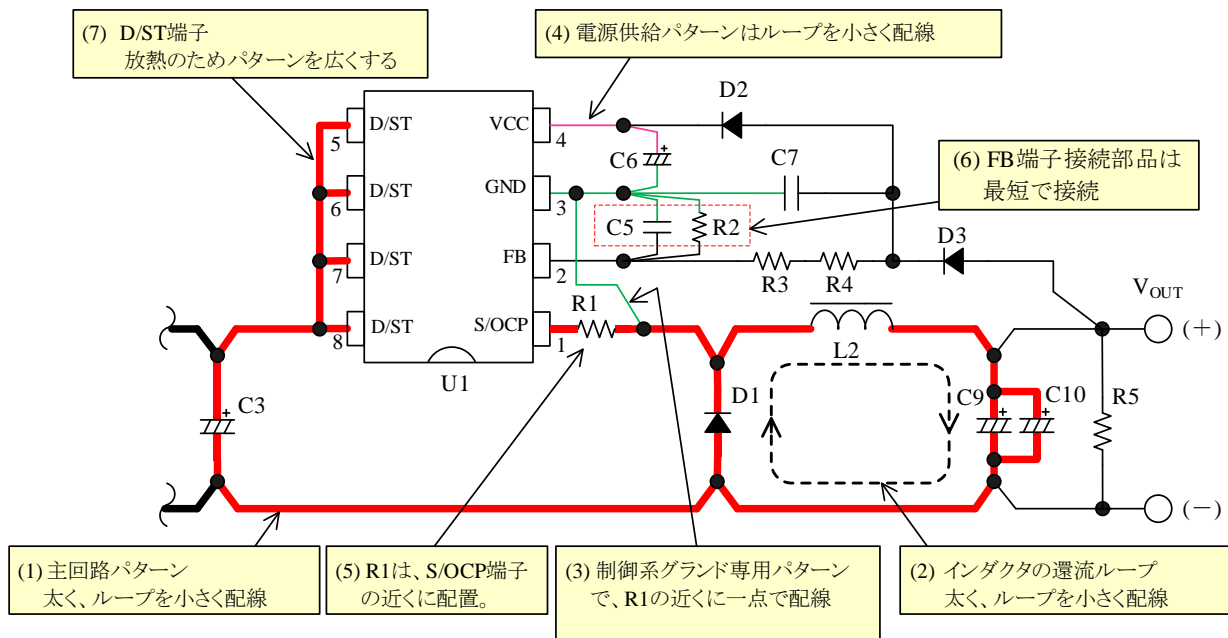


図 11-2 降圧コンバータの接続例

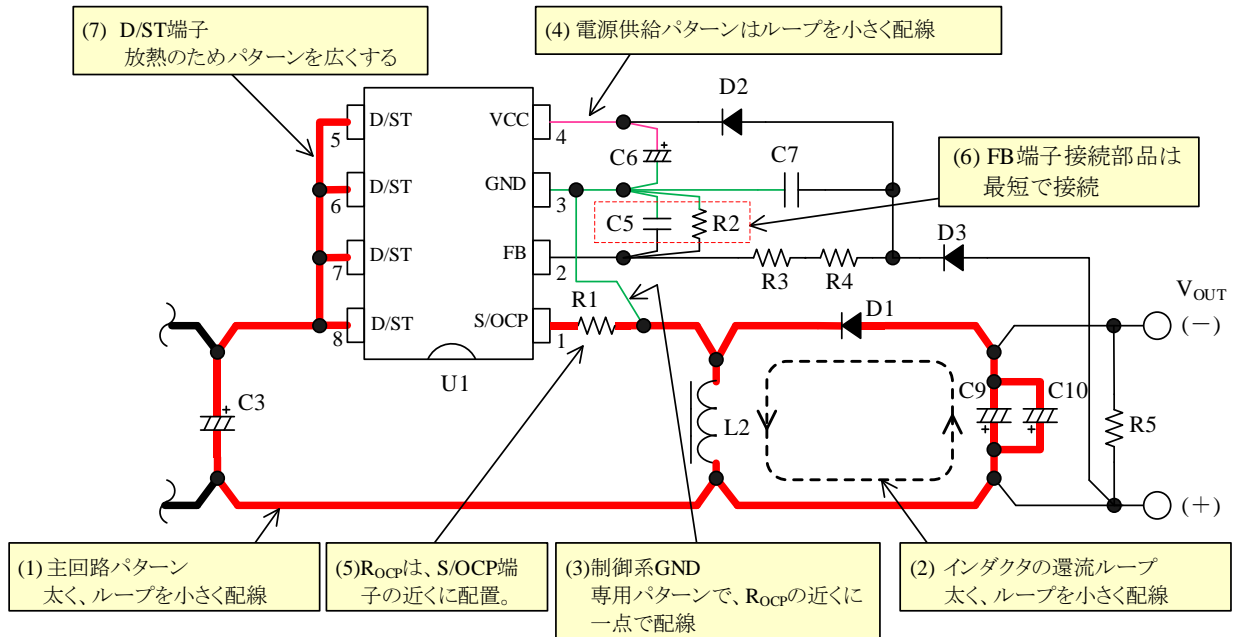
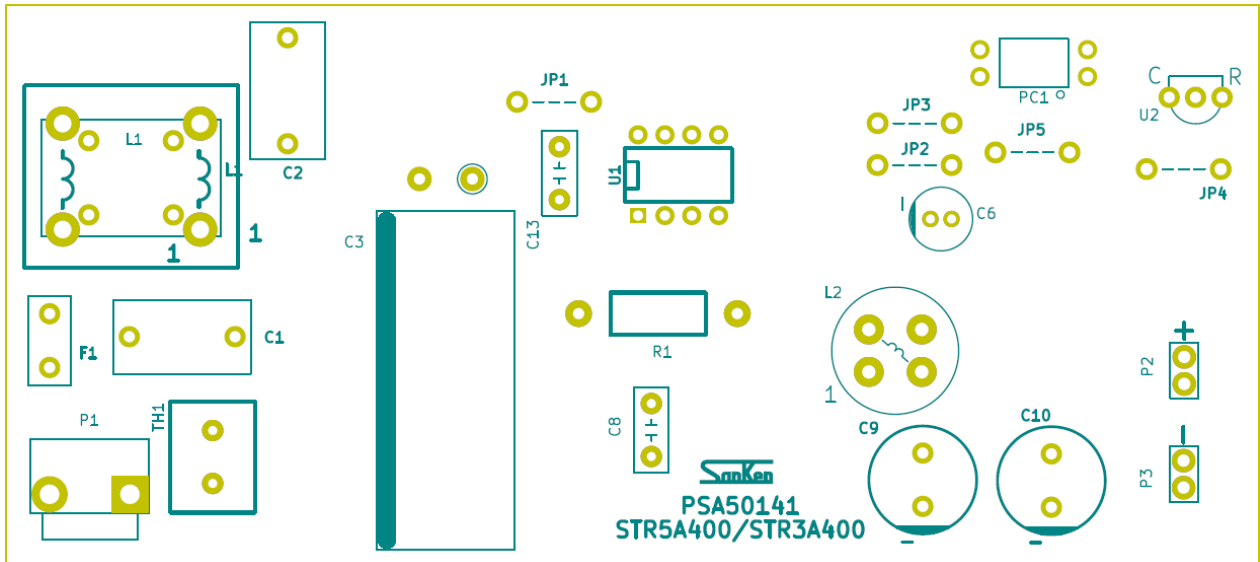


図 11-3 極性反転型コンバータの接続例

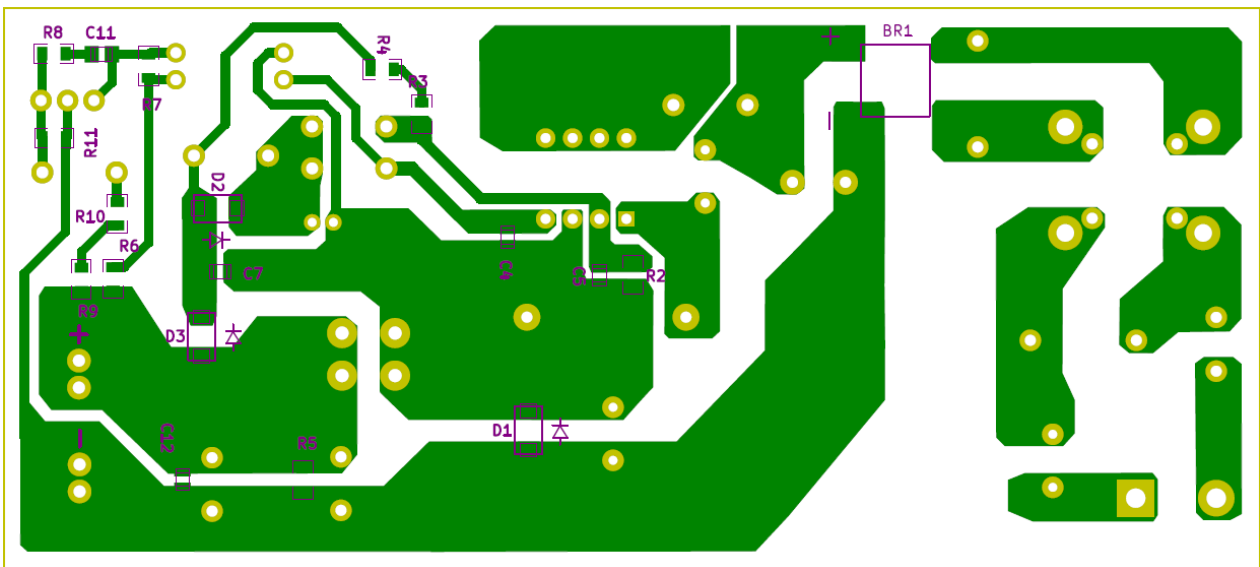
12. パターンレイアウト例（降圧コンバータ）

以下に、STR5A45xD を使用した降圧コンバータのパターンレイアウト例と、その回路図を示します。回路図と部品表に記載されている部品のみ使用します。

基板サイズ：65 mm×24 mm



(a) 上面図



(b) 下面図

図 12-1 降圧コンバータパターンレイアウト例

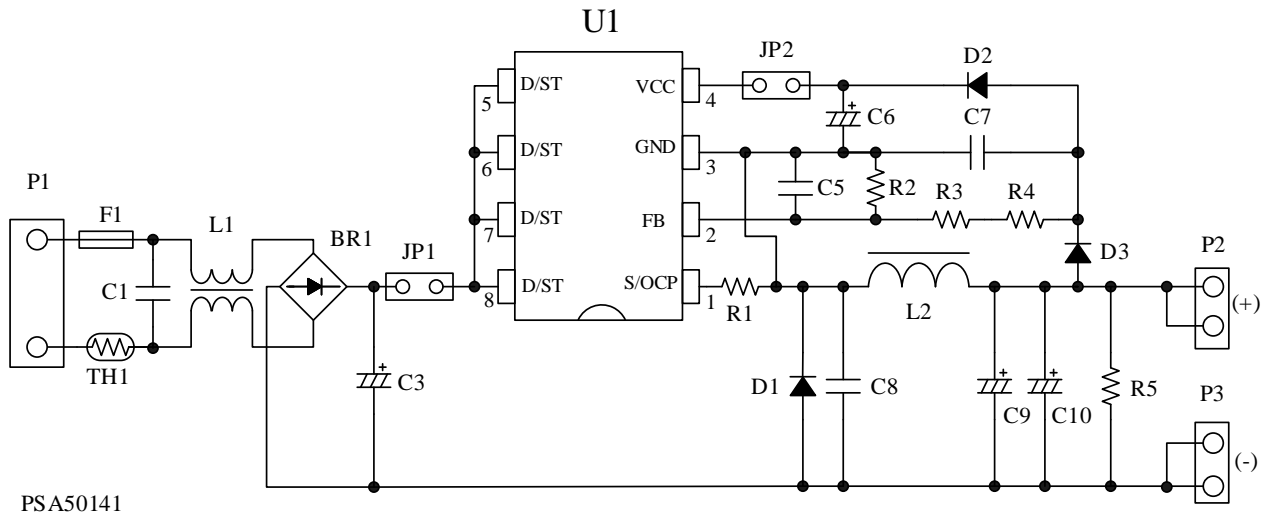


図 12-2 パターンレイアウト回路図 (降圧コンバータ)

## 13. 電源設計例

降圧コンバータの電源設計例として、電源仕様と、その回路図および部品表を以下に示します。

- 電源仕様

使用 IC	STR5A453D
入力電圧	AC 85 V～AC 265 V
最大出力電力	10.5 W (max.)
出力電圧	15 V
出力電流	0.7 A

- 回路図

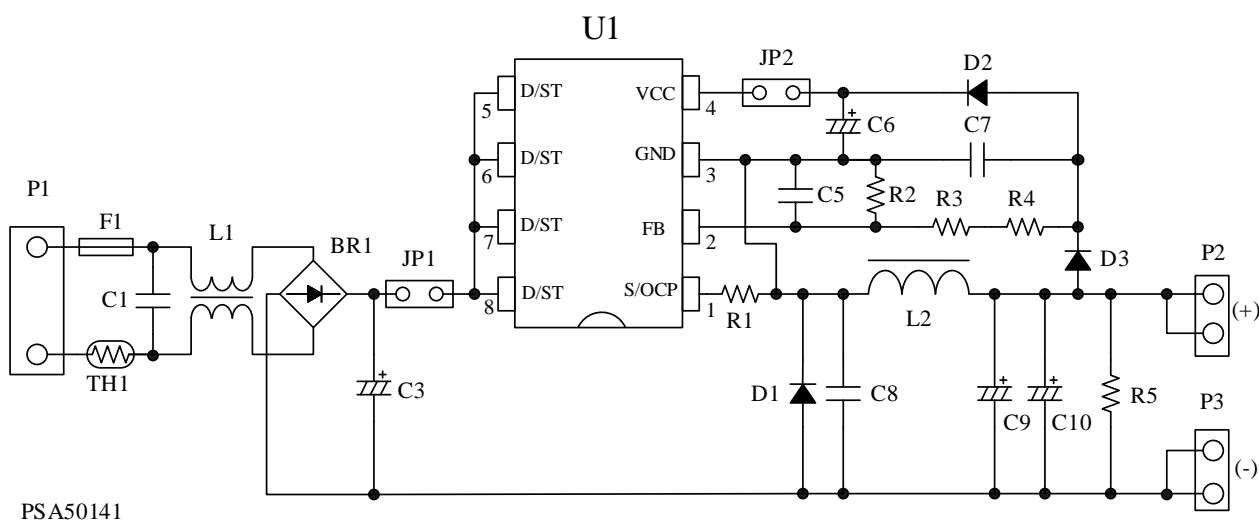


図 13-1 パターンレイアウト回路図 (降圧コンバータ)

## STR5A45xD シリーズ

### ● 部品表

部品番号	部品	定格	弊社推奨部品
F1	ヒューズ	250 V, 2 A	
TH1	パワーサーミスタ	4.7 $\Omega$ , 3 A	
C1	フィルムコンデンサ	310 VAC, 0.1 $\mu$ F	
C3	電解コンデンサ	105 $^{\circ}$ C, 400 V, 56 $\mu$ F	
C5	チップセラミックコンデンサ	50 V, 470 pF, 2012	
C6	電解コンデンサ	105 $^{\circ}$ C, 50 V, 22 $\mu$ F	
C7	チップセラミックコンデンサ	50 V, 2.2 $\mu$ F, 2012	
C8	セラミックコンデンサ	1 kV, 22 pF	
C9	電解コンデンサ	105 $^{\circ}$ C, 25 V, 470 $\mu$ F	
C10	電解コンデンサ	105 $^{\circ}$ C, 25 V, 470 $\mu$ F	
BR1	ブリッジ整流ダイオード	1000 V, 1.5 A	
D1	高速整流ダイオード	500 V, 3 A	SJPD-L5
D2	ショットキダイオード	90 V, 1 A	SJPB-D9
D3	高速整流ダイオード	500 V, 1 A	SJPD-D5
L1	CM インダクタ	18 mH, 0.3 A	
L2	インダクタ	220 $\mu$ H, 2.1 A	
R1	抵抗	1 W, 0.47 $\Omega$	
R2	チップ抵抗	10 k $\Omega$ , 1/8 W, 1608	
R3	チップ抵抗	47 k $\Omega$ , 1/8 W, 1608	
R4	チップ抵抗	4.7 k $\Omega$ , 1/8 W, 1608	
R5	チップ抵抗	6.8 k $\Omega$ , 1/8 W, 1608	
U1	PWM オフラインコンバータ IC	650 V, 1.9 $\Omega$	STR5A453D
JP1	ジャンパーワイヤ	メッキ線、 $\phi = 0.6$ , P = 7 mm	
JP2	ジャンパーワイヤ	メッキ線、 $\phi = 0.6$ , P = 7 mm	
P1	コネクタ	250 V	
P2	コネクタ	50 V	
P3	コネクタ	50 V	
—	プリント基板	PSA50141	



### 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。

DSGN-CJZ-16003