

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 STR5A464x シリーズ



データシート

概要

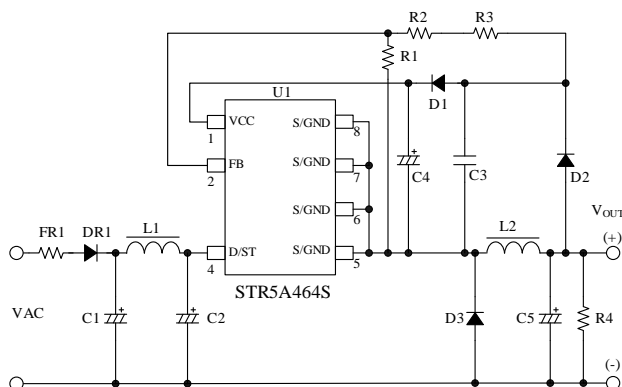
STR5A464x シリーズは、パワーMOSFET と電流モード型 PWM 制御 IC を内蔵した非絶縁タイプのスイッチング電源用パワーICです。

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

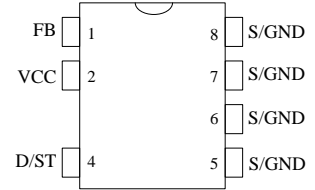
- Pb フリー (RoHS 対応)
- 降圧コンバータ
- 極性反転型コンバータ
- 電流モード型 PWM 制御
- 負荷に応じた動作モードの自動切り替え
重負荷：固定スイッチング周波数、60 kHz (typ.)
中負荷：グリーンモード、23 kHz (typ.)~60 kHz (typ.)
軽負荷：バースト発振動作
- 電流検出抵抗不要 (電流センス MOSFET 内蔵)
- 起動回路内蔵
- エラーアンプ内蔵
- ランダムスイッチング機能
- リーディング・エッジ・ブランキング機能
- ソフトスタート機能
- 保護機能
過負荷保護 (OLP)：自動復帰
過電圧保護 (OVP)：自動復帰
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、STR5A464S)

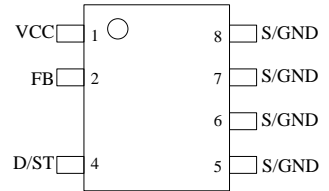


パッケージ

DIP8



SOIC8



原寸大ではありません。

ラインアップ

- 代表特性
 $f_{OSC(AVG)} = 60 \text{ kHz}$
 $V_{D/ST} = 700 \text{ V (max.)}$

製品名	$R_{DS(ON)}$ (max.)	I_{DLIM} (typ.)	パッケージ
STR5A464D	13.6 Ω	0.41 A	DIP8
STR5A464S			SOIC8

推奨電源仕様

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

STR5A464x 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 $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 、S/GND 端子（5 番～8 番端子）はすべてショートです。

SOIC8 パッケージ品の端子番号は括弧内に示します。

項目	記号	条件	端子	定格	単位	備考
FB 端子電圧	V_{FB}		1-5 (2-5)	-0.3~7	V	
VCC 端子電圧	V_{CC}		2-5 (1-5)	-0.3~32	V	
D/ST 端子電圧	$V_{D/ST}$		4-5	-0.3~700	V	
ドレイン電流	I_{DP}	シングルパルス 500ns 以内 $V_{D/ST} \leq 400\text{ V}$	4-5	1.7	A	
最大スイッチング電流 ⁽¹⁾	$I_{D\text{MAX}}$	負:パルス幅 2 μs 以内	4-5	-0.2~0.97 -0.2~0.91	A	STR5A464D STR5A464S
MOSFET 部許容損失	P_{DI}	基板 ⁽²⁾ 実装時	—	1.55 1.51	W	STR5A464D STR5A464S
動作周囲温度	T_{OP}		—	-40~125	$^\circ\text{C}$	
保存温度	T_{STG}		—	-40~125	$^\circ\text{C}$	
ジャンクション温度	T_J		—	150	$^\circ\text{C}$	

⁽¹⁾ MOS FET T_a - P_D 曲線参照

⁽²⁾ 銅箔エリア 15mm×15mm

STR5A464x シリーズ

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 $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $V_{CC} = 18\text{ V}$ 、 $V_{D/ST} = 10\text{ V}$ 、S/GND 端子（5 番～8 番端子）はすべてショートです。

SOIC8 パッケージ品の端子番号は括弧内に示します。

項目	記号	条件	端子	Min.	Typ.	Max.	単位	備考
電源起動動作								
動作開始電源電圧	$V_{CC(ON)}$		2-5 (1-5)	13.6	15.0	16.6	V	
動作停止電源電圧	$V_{CC(OFF)}$		2-5 (1-5)	7.3	8.0	8.7	V	
動作時回路電流	$I_{CC(ON)}$	$V_{CC} = 12\text{ V}$	2-5 (1-5)	—	—	2.0	mA	
起動回路動作電圧	$V_{ST(ON)}$	$V_{CC} = 13.5\text{ V}$	4-5	19	29	39	V	
起動電流	$I_{CC(ST)}$	$V_{CC} = 13.5\text{ V}$ $V_{D/ST} = 100\text{ V}$	2-5 (1-5)	-2.7	-1.5	-0.5	mA	
PWM 動作								
平均発振周波数	$f_{OSC(AVG)}$	$V_{FB} = 2.44\text{ V}$	4-5	53	60	67	kHz	
発振周波数変動幅	Δf		4-5	—	2.8	—	kHz	
フィードバック基準電圧	$V_{FB(REF)}$		1-5 (2-5)	2.44	2.50	2.56	V	
フィードバック電流 ⁽¹⁾	$I_{FB(OP)}$	$V_{FB} = 2.3\text{ V}$	1-5 (2-5)	-2.4	-0.8	—	μA	
最低サンプリング期間	t_{FBMS}		1-5 (2-5)	—	—	2.5	μs	
スタンバイドレイン電流	I_{DSTB}		4-5	—	50	—	mA	
スタンバイ動作周期	t_{STBOP}		4-5	530	740	940	μs	
最大オンデューティ	D_{MAX}		4-5	50	57	64	%	
保護動作								
リーディング・エッジ・ブラン キング時間 ⁽¹⁾	t_{BW}		—	—	230	—	ns	
ドレイン電流制限値	I_{DLIM}		4-5	0.37	0.41	0.45	A	
OVP しきい電圧	$V_{CC(OVP)}$		2-5 (1-5)	27.5	29.3	31.3	V	
起動時過負荷保護遅延時間	t_{OLP}	$V_{FB} = 0\text{ V}$	4-5	—	72	—	ms	
起動時スタンバイ動作禁止時 間	$t_{STB(INH)}$	$V_{FB} = 2.6\text{ V}$	4-5	3.5	5.2	6.8	ms	
熱保護動作温度 ⁽¹⁾	$T_{J(TSD)}$		—	135	—	—	$^\circ\text{C}$	
熱保護ヒステリシス ⁽¹⁾	$T_{J(TSD)HYS}$		—	—	70	—	$^\circ\text{C}$	
MOSFET 部								
ドレイン漏れ電流 ⁽¹⁾	I_{DSS}	$T_J = 125\text{ }^\circ\text{C}$ $V_{D/ST} = 560\text{ V}$	4-5	—	—	50	μA	
オン抵抗	$R_{DS(ON)}$	$I_D = 41\text{ mA}$	4-5	—	11.0	13.6	Ω	
スイッチング・タイム	t_f		4-5	—	—	250	ns	
熱特性								
ジャンクション-ケース間熱 抵抗 ⁽¹⁾⁽²⁾	θ_{J-C}		—	—	—	15	$^\circ\text{C/W}$	STR5A464D
						16		STR5A464S

⁽¹⁾ 設計保証項目

⁽²⁾ 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

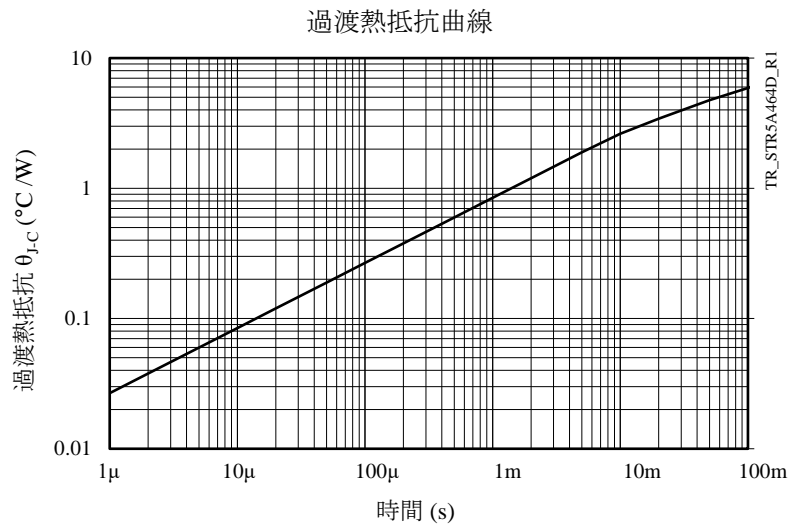
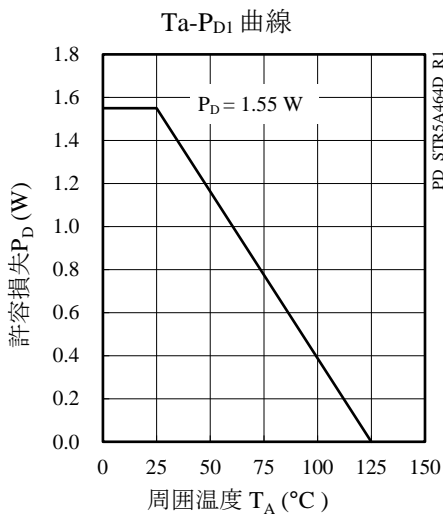
STR5A464x シリーズ

3. 機械的特性

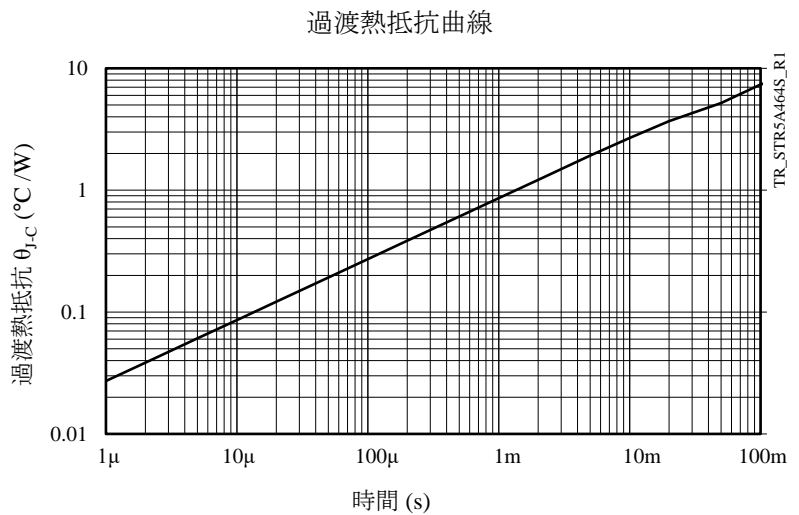
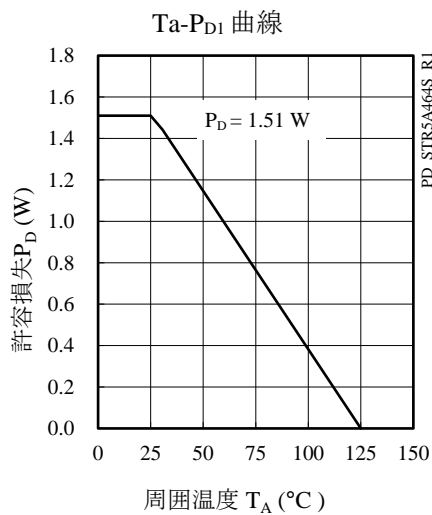
項目	条件	Min.	Typ.	Max.	単位	備考
質量		—	0.51	—	g	STR5A464D
		—	0.078	—	g	STR5A464S

4. 代表特性

● STR5A464D



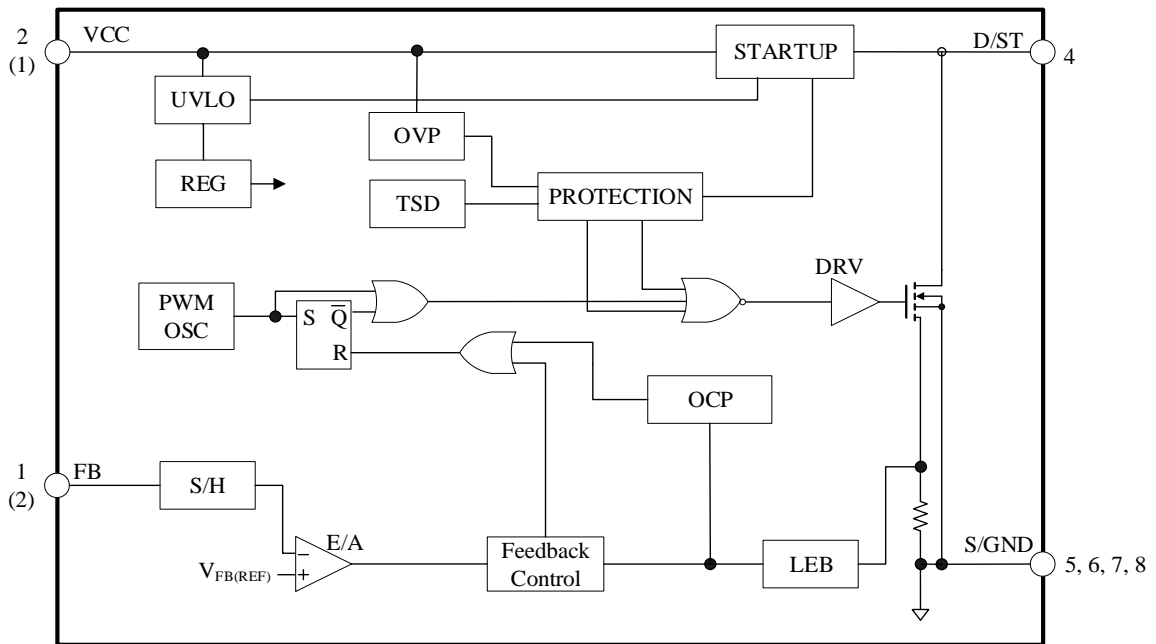
● STR5A464S



STR5A464x シリーズ

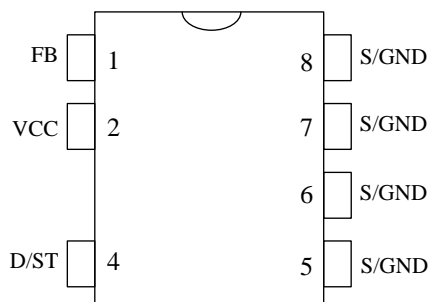
5. ブロックダイアグラム

括弧内の端子番号は SOIC8 パッケージ品を示します。



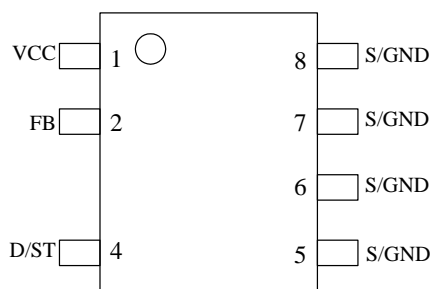
6. 各端子機能

● DIP8



端子番号	記号	機能
1	FB	定電圧制御信号入力
2	VCC	制御回路電源入力/過電圧保護信号入力
3	—	(抜きピン)
4	D/ST	MOSFET ドレイン/起動電流入力
5~8	S/GND	MOSFET ソース/グラウンド

● SOIC8



端子番号	記号	機能
1	VCC	制御回路電源入力/過電圧保護信号入力
2	FB	定電圧制御信号入力
3	—	(抜きピン)
4	D/ST	MOSFET ドレイン/起動電流入力
5~8	S/GND	MOSFET ソース/グラウンド

7. 応用回路例

図 7-1、図 7-2 に SOIC 製品の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、S/GND 端子（5～8 番ピン）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

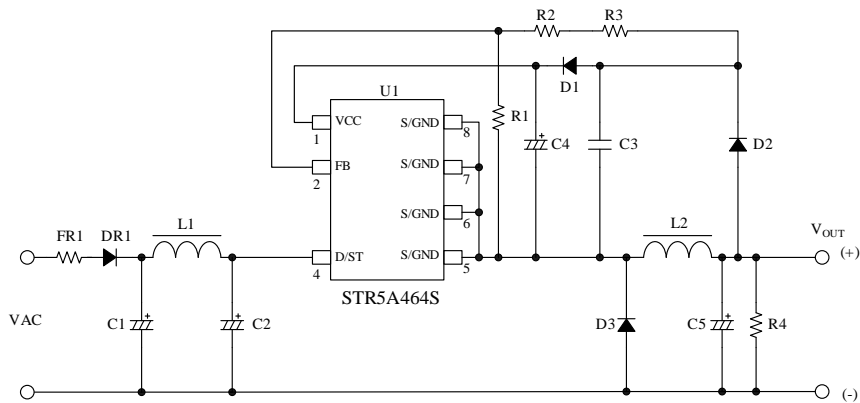


図 7-1 降圧コンバータ

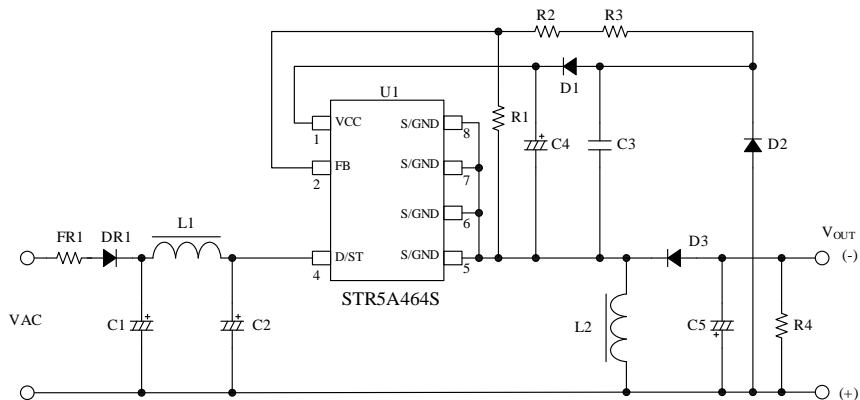


図 7-2 極性反転型コンバータ

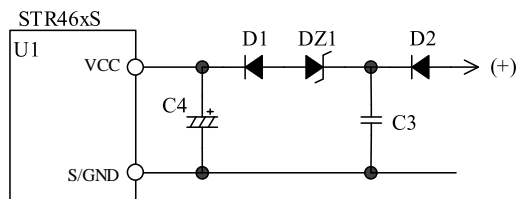
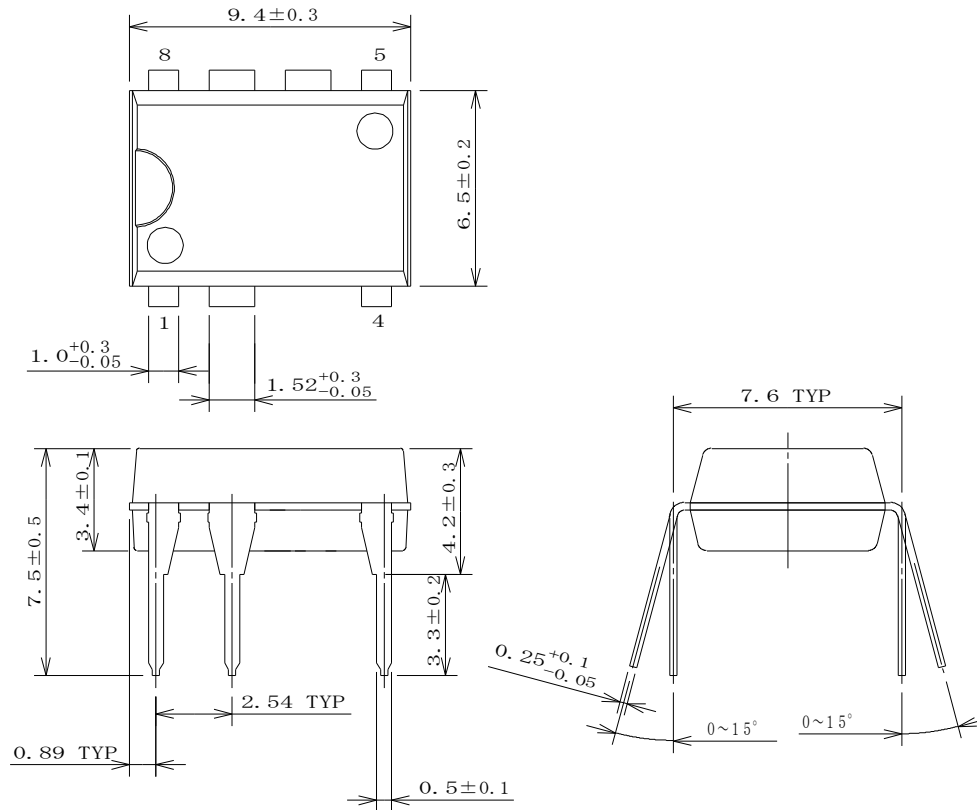


図 7-3 出力電圧 $|V_{OUT}|$ を上げる場合

STR5A464x シリーズ

8. 外形図

● DIP8

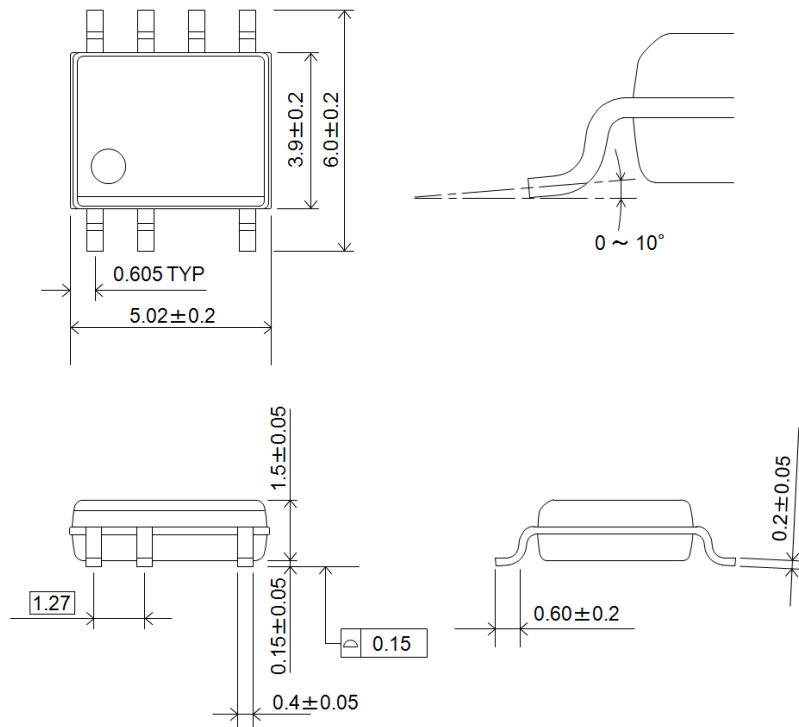


備考：

- 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1.5mmのところまでとします。
フロー：260℃、10s（1回）
はんだごて：350℃、3.5s（1回）

STR5A464x シリーズ

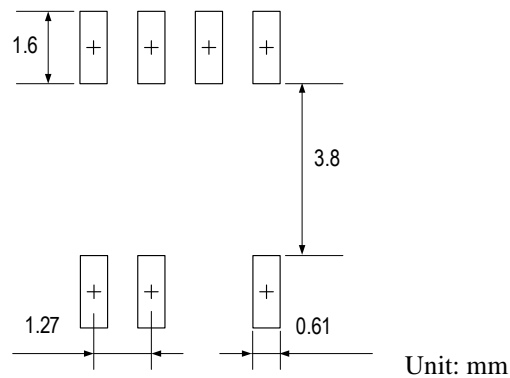
● SOIC8



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。
フロー：260 °C、10 s（1 回）
はんだごて：350 °C、3.5 s（1 回）

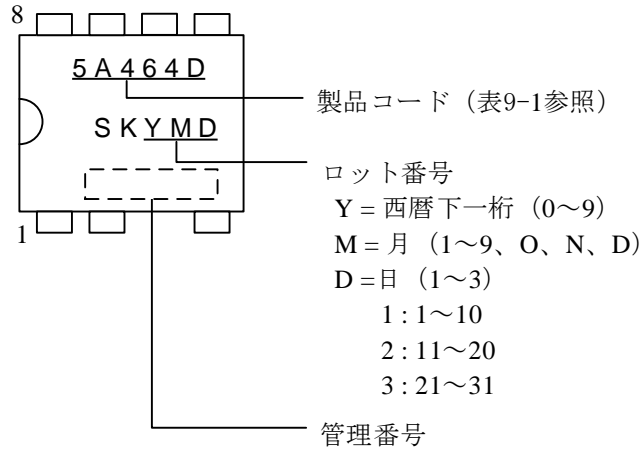
● SOIC8 ランドパターン例



STR5A464x シリーズ

9. 捺印仕様

● DIP8



● SOIC8

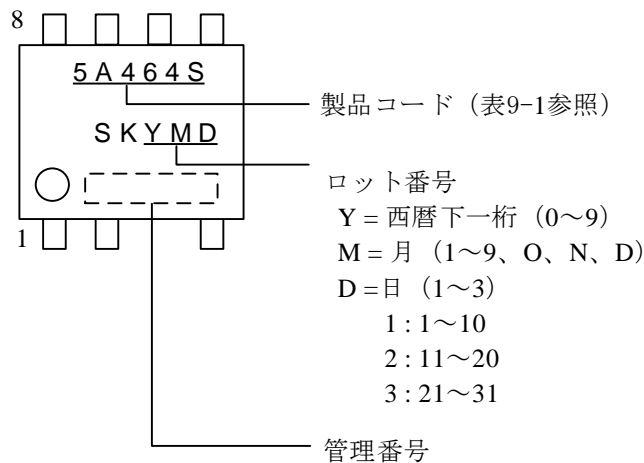


表 9-1 製品コード

製品コード	製品名
5A464D	STR5A464D
5A464S	STR5A464S

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。

本章に示す回路図において、SOIC8 パッケージ品の端子番号は、括弧内に示します。

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。

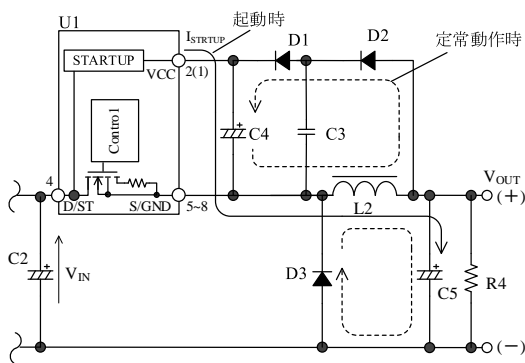


図 10-1 VCC 端子周辺回路 (降圧コンバータ)

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 $I_{CC(ST)} = -1.5 \text{ mA}$ は、図 10-1 のように VCC 端子に接続した電解コンデンサ C4 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。

$$t_{START} = C4 \times \frac{V_{CC(ON)} - V_{CC(INT)}}{|I_{CC(ST)}|} \text{ (s)} \quad (1)$$

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 D1、D2 を通って C4 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 S/GND 端子間の電圧は式(2)で算出できます。

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

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。

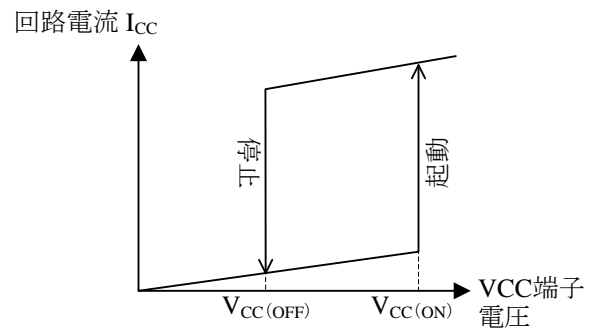


図 10-2 VCC 端子電圧と回路電流 I_{CC}

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 D3 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 内部で設定されており (約 5.2 ms)、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 $t_{OLP} = 72 \text{ ms}$ 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 C5) 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、C4 の容量を大きくしたり、出力の電解コンデンサ C5 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・ブランピング機能が無効になるため、 $t_{BW} = 230 \text{ ns}$ 未満のオン時間になる場合があります。

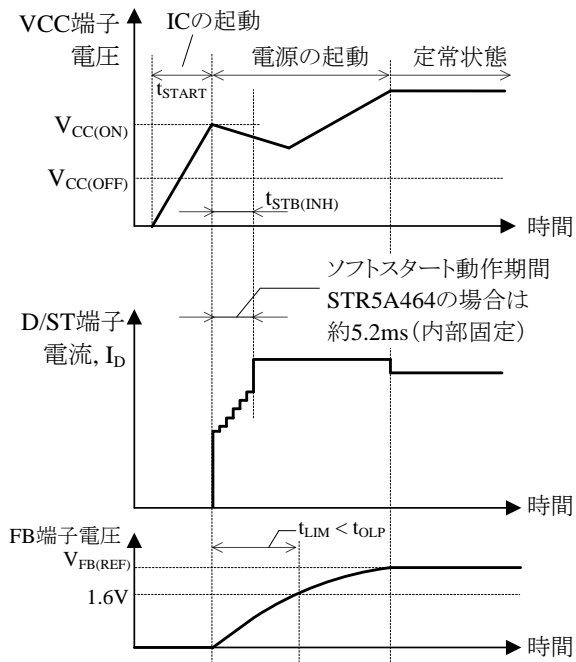


図 10-3 起動タイミング動作

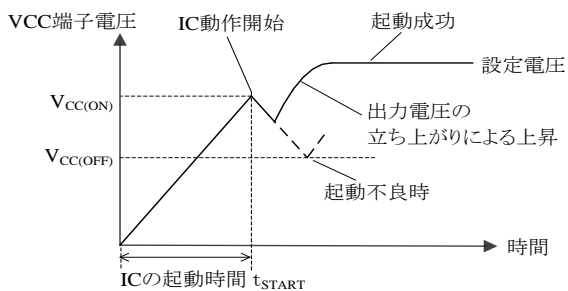


図 10-4 起動時の VCC 端子電圧

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。パワーMOSFETのターンオフ時にターンオフした瞬間から $t_{FBFS} = 2.5 \mu\text{s}$ (max.)の時点のFB端子電圧をパルスバイパルスでサンプリングして作った目標電圧 (V_{SC}) と IC 内部のセンス抵抗の電圧 (V_{ROCP}) 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 (図 10-5、図 10-6 参照)。

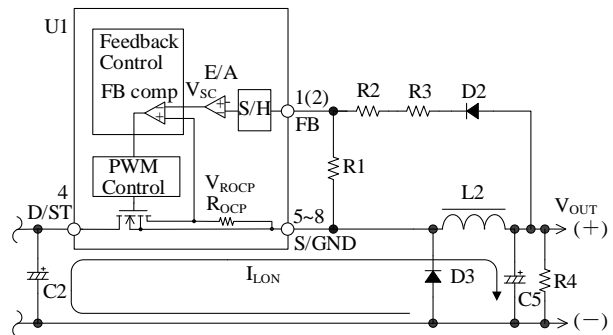


図 10-5 FB 端子周辺回路 (降圧コンバータ)

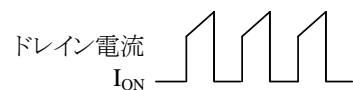
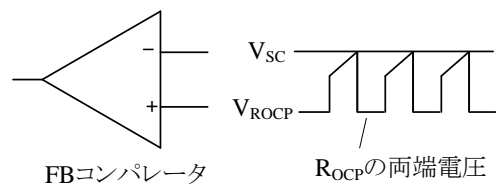


図 10-6 定常時の I_D と FB コンパレータ動作

- 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。

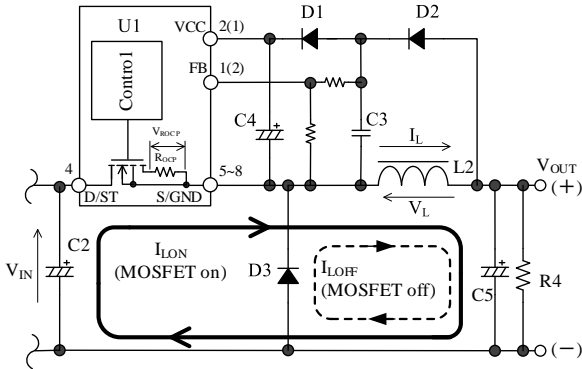


図 10-7 負荷電流経路 (降圧コンバータ)

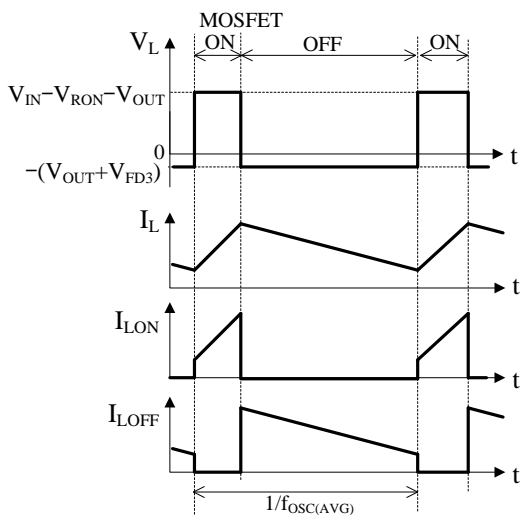


図 10-8 降圧コンバータの動作波形

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、IC 内部のセンス抵抗 R_{OCP} に I_{LON} が流れ、この電流を R_{OCP} の両端電圧 V_{ROCP} として検出します。また、FB 端子は、C3 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 D3 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。

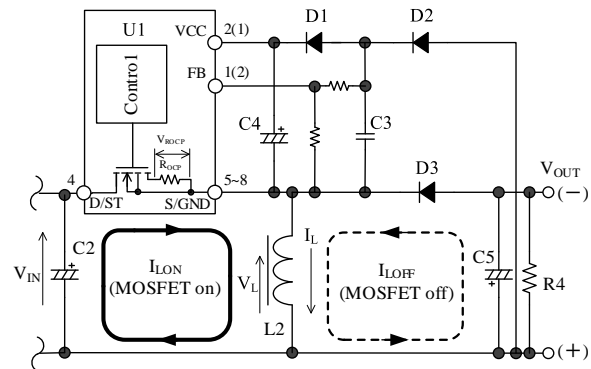


図 10-9 負荷電流経路 (極性反転型コンバータ)

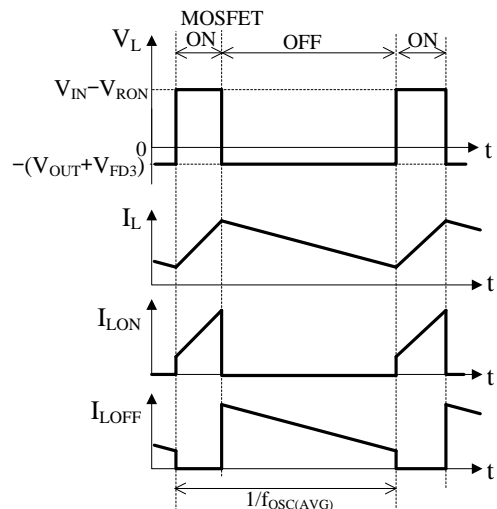


図 10-10 極性反転型コンバータの動作波形

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、IC 内部のセンス抵抗 R_{OCP} に I_{LON} が流れ、この電流を R_{OCP} の両端電圧 V_{ROCP} として検出します。また、FB 端子は、C3 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 D3 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 IC 内部のセンス抵抗 R_{OCP} で検出しています。パワーMOSFET がターンオンした直後に急峻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 $t_{BW} = 230 \text{ ns}$ は OCP 検出を無効にしています。

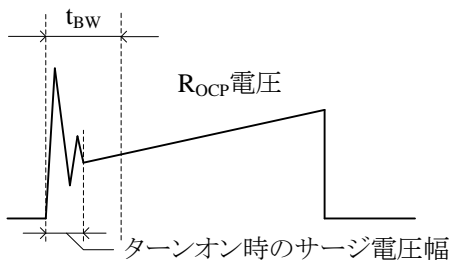


図 10-11 リーディング・エッジ・ブランキング時間

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。

負荷が軽くなり、ドレイン電流がスタンバイドレイン電流 I_{DSTB} まで減少すると、バースト発振動作に移行します。図 10-12 の A 点と B 点の波形を図 10-13 に示します。バースト発振動作は、スタンバイ動作周期 $t_{STBOP} = 740 \mu\text{s}$ で動作します。バースト周期における最低発振回数は 1 回です。なお、バースト周期を決める発振器と、発振周波数を決める発振器は同期していないため、 t_{STBOP} 後の 1 回目の発振周波数が高くなる場合があります。

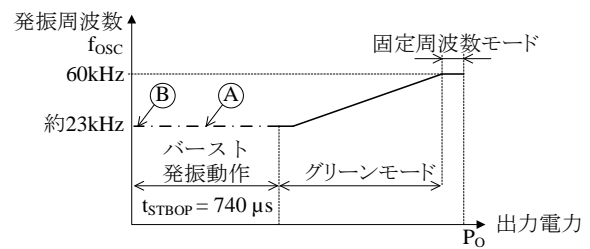


図 10-12 負荷に応じた発振周波数

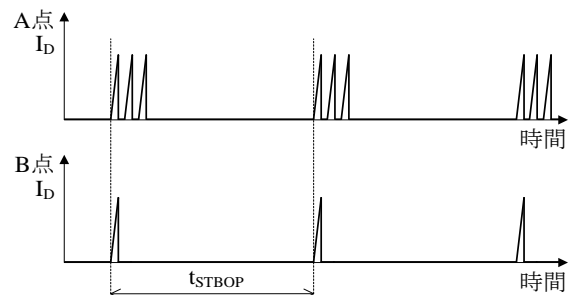


図 10-13 バースト発振動作波形

10.8 過負荷保護機能 (OLP)

パワーMOSFET のドレイン電流がドレイン電流制限値 I_{DLIM} に達すると、パワーMOSFET をターンオフします。それにより、出力電圧は図 10-14 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、1.6V 未満の状態を起動時過負荷保護遅延時間 $t_{OLP} = 72 \text{ ms}$ 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 10-15 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。

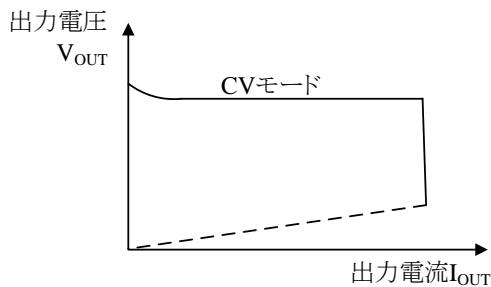


図 10-14 過負荷特性

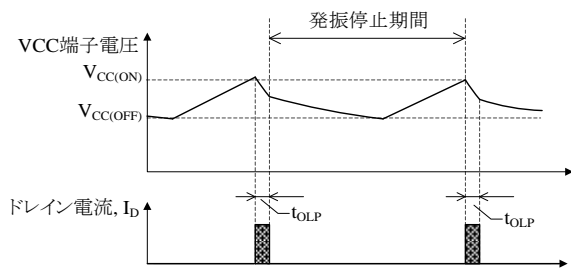


図 10-15 OLP 動作波形

10.9 過電圧保護機能 (OVP)

VCC 端子と S/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 10.8 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。

$$V_{OUT(OVP)} = V_{CC(OVP)} + V_{FD1} + V_{FD2} - V_{FD3} \quad (3)$$

10.10 過熱保護回路 (TSD)

図 10-16 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 : Thermal Shutdown) 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。過熱の要因を取り除き、IC 制御回路部の温度が $T_{J(TSD)} - T_{J(TSD)HYS}$ 以下になると通常の動作に自動復帰します。

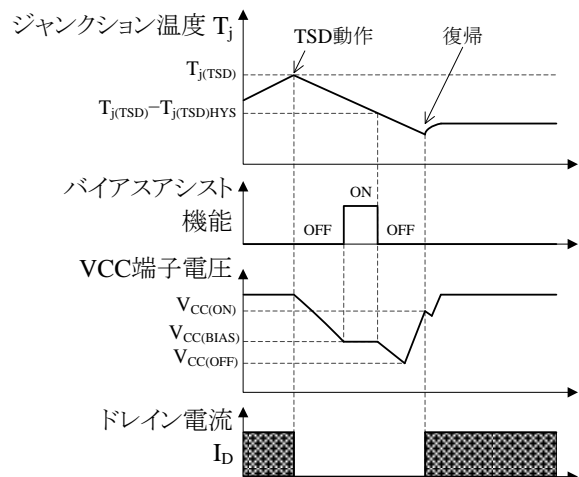


図 10-16 TSD 動作波形

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。必要に応じディ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。括弧内の端子番号は SOIC8 パッケージ品です。

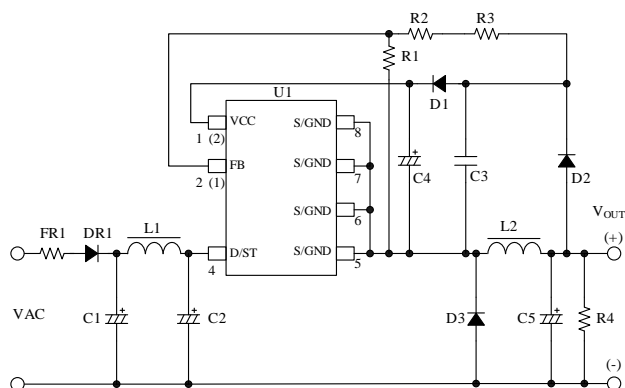


図 11-1 降圧コンバータの IC 周辺回路図

11.1.1 入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 C5 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 $t_{OLP} = 72 \text{ ms}$ 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。C5 の ESR は次式を満たすものを選択します。

$$Z_{CO} < \frac{\Delta V_{OR}}{I_{LRP}} \quad (4)$$

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)

ΔV_{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 (600 μH 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。

- DEJ0012 STR5A464S 使用 3 W (15 V、0.2 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/dej0012.pdf>

11.1.3 VCC 端子周辺回路

IC の起動時間は、図 11-1 の C4 のコンデンサ容量で決まり、一般的な電源仕様の場合、10 μF ~ 47 μF 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 S/GND 端子間電圧を抵抗分圧した電圧を入力します。C3 は平滑コンデンサです。C3 の容量は出力の電解コンデンサ C5 の値に依存します。通常、C3 の容量は 0.068 μF ~ 0.47 μF 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。

R1、R2、R3 は FB 端子の基準電圧 $V_{FB(REF)} = 2.50 \text{ V}$ 、出力電圧 V_{OUT} などによって決まり、次式(5)の関係があります。R1 の定数は 5.6 $\text{k}\Omega$ ~ 10 $\text{k}\Omega$ 程度が目安です。R2、R3 の定数は実機で動作を確認しながら、定数を調整します。

D2、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。

$$|V_{OUT}| \cong V_{FB(REF)} \times \frac{R1 + R2 + R3}{R1} + V_{FD2} - V_{FD3}$$

$$\Rightarrow R2 + R3 = \left(\frac{|V_{OUT}| - V_{FD2} + V_{FD3}}{V_{FB(REF)}} - 1 \right) \times R1 \quad (5)$$

ここで、

V_{FD2} : D2 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 D3 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、D3 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 C5 の両端にブリダー抵抗 R4 を挿入します。R4 は、次式(6)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。

$$R4 \leq \frac{|V_{OUT}|}{3mA} \quad (6)$$

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。D/ST 端子電圧は、電源入力電圧が最大の条件で、起動時を含むすべての動作において絶対最大定格 700 V の 90%となる 630 V 未満になるように実機で動作を確認し、トランスや部品の定数を調整します。および、定常動作時の D/ST 端子電圧は 560 V 未満になるように設定します。

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、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 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、S/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 C4 の距離が離れている場合は、VCC 端子と S/GND 端子の近くにフィルムコンデンサ C_f (0.1 μ F~1.0 μ F 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 R2 + R3、R1 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、R3 は C3 の根元、R1 は S/GND 端子根元に接続し、R1、R2、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 $R_{DS(ON)}$ 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、S/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。

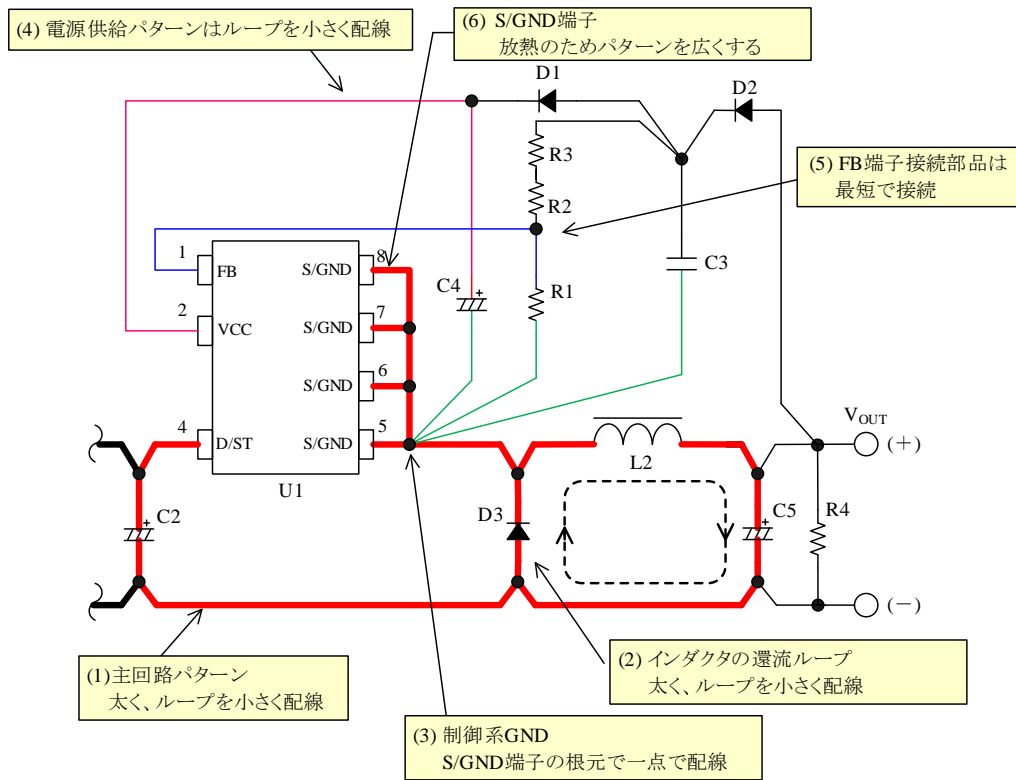


図 11-2 降圧コンバータの接続例 (DIP8 品)

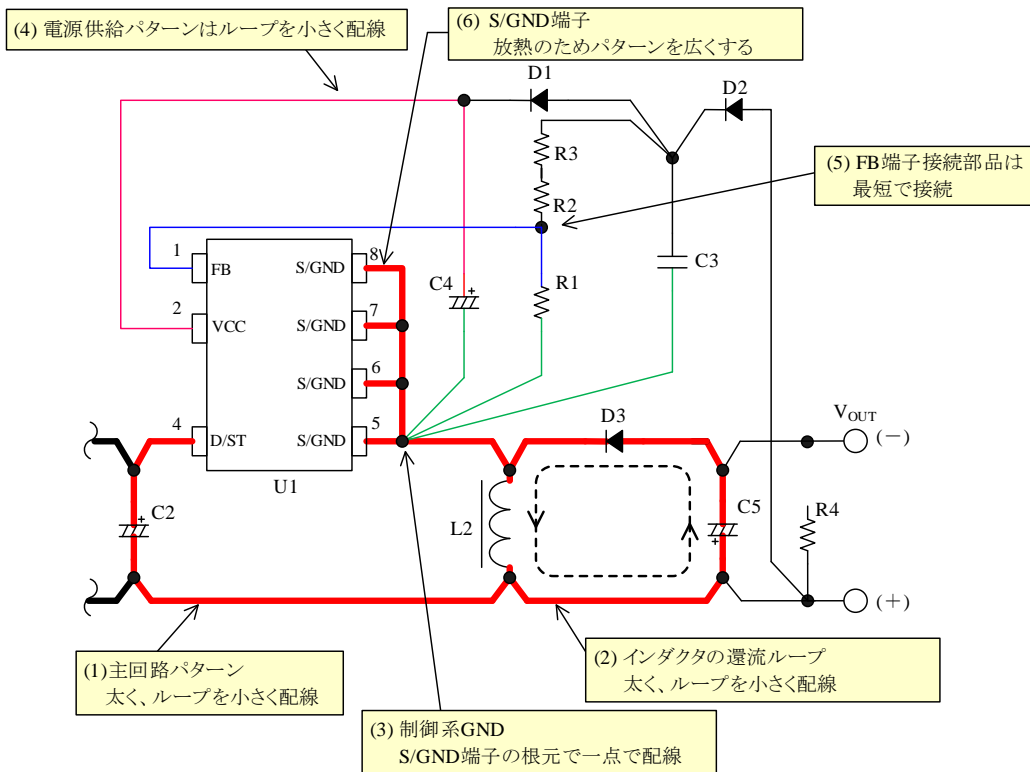


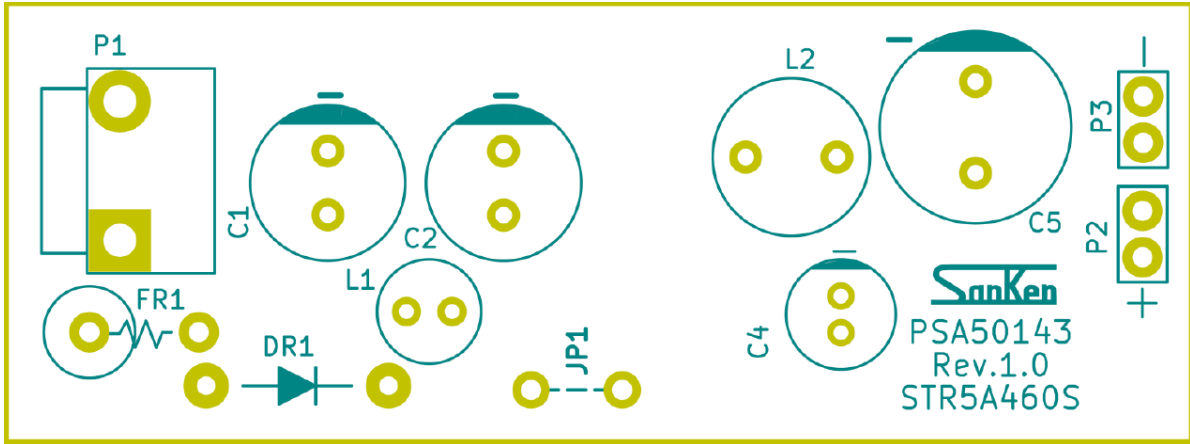
図 11-3 極性反転型コンバータの接続例 (DIP8 品)

STR5A464x シリーズ

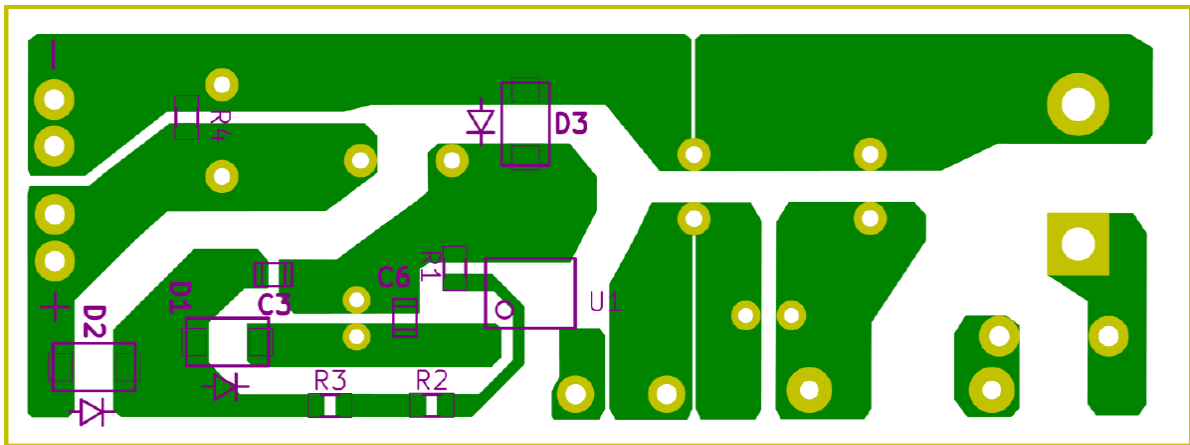
12. パターンレイアウト例（降圧コンバータ）

以下に、STR5A464S 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

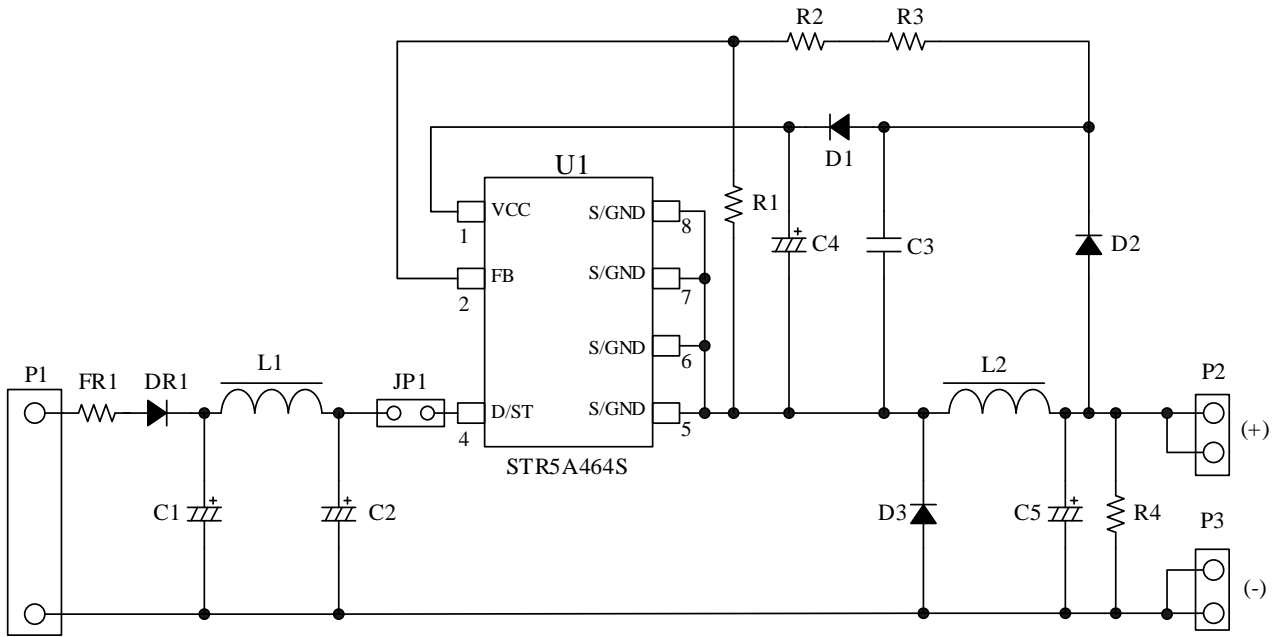


(a) 上面図



(b) 下面図

図 12-1 降圧コンバータパターンレイアウト例



PSA50143 Rev.1.0

図 12-2 パターンレイアウト回路図 (降圧コンバータ)

STR5A464x シリーズ

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	STR5A464S
入力電圧	AC 85 V～AC 265 V
最大出力電力	3 W
出力電圧	15 V
出力電流	0.2 A

- 回路図

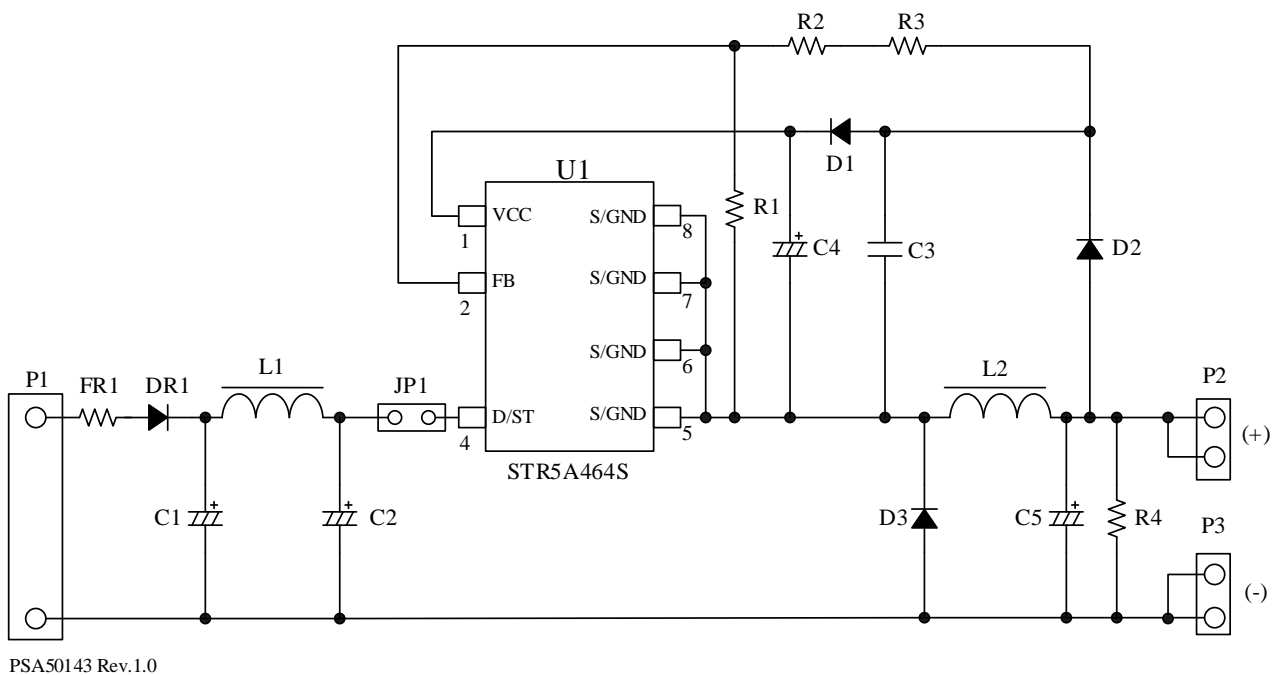


図 13-1 パターンレイアウト回路図 (降圧コンバータ)

STR5A464x シリーズ

● 部品表

記号	部品名	定格	弊社推奨部品
C1	電解コンデンサ	105 °C, 400 V, 8.2 μ F	
C2	電解コンデンサ	105 °C, 400 V, 8.2 μ F	
C3	セラミックコンデンサ	50 V, 0.22 μ F, 2012	
C4	電解コンデンサ	105 °C, 50 V, 10 μ F	
C5	電解コンデンサ	105 °C, 25 V, 470 μ F	
DR1	一般整流ダイオード	1000 V, 1 A	EM1C
D1	ショットキダイオード	90 V, 1 A	SJPB-D9
D2	高速整流ダイオード	500 V, 1 A	SJPD-D5
D3	高速整流ダイオード	500 V, 1 A	SJPD-D5
L1	インダクタ	1 mH, 0.21 A	
L2	インダクタ	1 mH, 0.5 A	
FR1	抵抗	2 W, 10 Ω	
R1	チップ抵抗	6.8 k Ω , 1/8 W, 1608	
R2	チップ抵抗	33 k Ω , 1/8 W, 1608	
R3	チップ抵抗	1.8 k Ω , 1/8 W, 1608	
R4	チップ抵抗	6.8 k Ω , 1/8 W, 1608	
U1	PWM オフラインコンバータ IC	700 V, 13.6 Ω	STR5A464S
JP1	ジャンパーワイヤ	メッキ線 ($\phi = 0.6$, P = 5 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	PSA50143 Rev.1.0	

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。