

# アプリケーション ノート

2出力面実装型スイッチングレギュレータ IC

SPI-8000TW シリーズ

第3版 2013年11月

サンケン電気株式会社

## — — — 目次 — — —

1. 概要		
1-1 特長	-----	3
1-2 主な用途	-----	3
1-3 種別	-----	3
2. 製品仕様		
2-1 外形図	-----	4
2-2 定格	-----	4
2-3 回路図	-----	8
3. 動作説明		
3-1 PWM 出力電圧制御	-----	11
3-2 過電流・過熱保護	-----	12
4. 各端子の説明		
4-1 端子記号、名称	-----	13
4-2 端子機能説明	-----	13
5. 使用に際しての注意事項		
5-1 外付部品選定上の注意	-----	15
5-2 パターン設計上の注意	-----	18
5-2 動作上の注意	-----	18
6. 応用		
6-1 ソフトスタート	-----	19
6-2 出力 ON・OFF 制御	-----	19
6-3 出力電圧可変	-----	20
6-4 逆バイアス保護	-----	20
6-5 動作周波数範囲	-----	20
7. 用語解説	-----	21
8. 使用上の注意	-----	22

## 1. 概要

SPI-8000TW シリーズ(SPI-8001TW、SPI-8002TW、SPI-8003TW)は、降圧スイッチングレギュレータに必要な機能と過電流及び過熱に対する保護機能を持ったレギュレータ IC です。2 つの 1.5A 可変出力を面実装パッケージに実装し、小型・高効率なスイッチングレギュレータが実現できます。

### ● 1-1 特長

- ・小型パッケージ、高出力電流 1.5A  
HSOP-16Pin 面実装パッケージで、出力電流は各出力最大 1.5A です。
- ・高効率
  - ・ 80% TYP (SPI-8001TW)、78% (SPI-8002TW) \* 条件:  $V_{IN}=15V/I_o=0.5A$
  - ・ 78% (SPI-8003TW) \* 条件:  $V_{IN}=14V/I_o=0.5A$
- ・出力電圧可変  
1~16V (SPI-8001TW)、1~24V (SPI-8002TW、SPI-8003TW)
- ・低電圧・高精度基準電圧  
1V $\pm$ 1%と低電圧で高精度です。
- ・動作周波数  
250kHz 固定 (SPI-8001TW、SPI-8002TW)、200~400kHz 可変 (SPI-8003TW)と高い動作周波数でチョークコイルの小型化が可能です。
- ・低消費電流  
出力オフ時、1  $\mu$  A 以下。待機時の低消費電力化が可能。
- ・保護機能内蔵  
フの字型過電流保護機能、過熱保護機能
- ・制御機能内蔵  
出力オン/オフ制御機能(チャンネル毎で可能)、ソフトスタート機能

### ● 1-2 主な用途

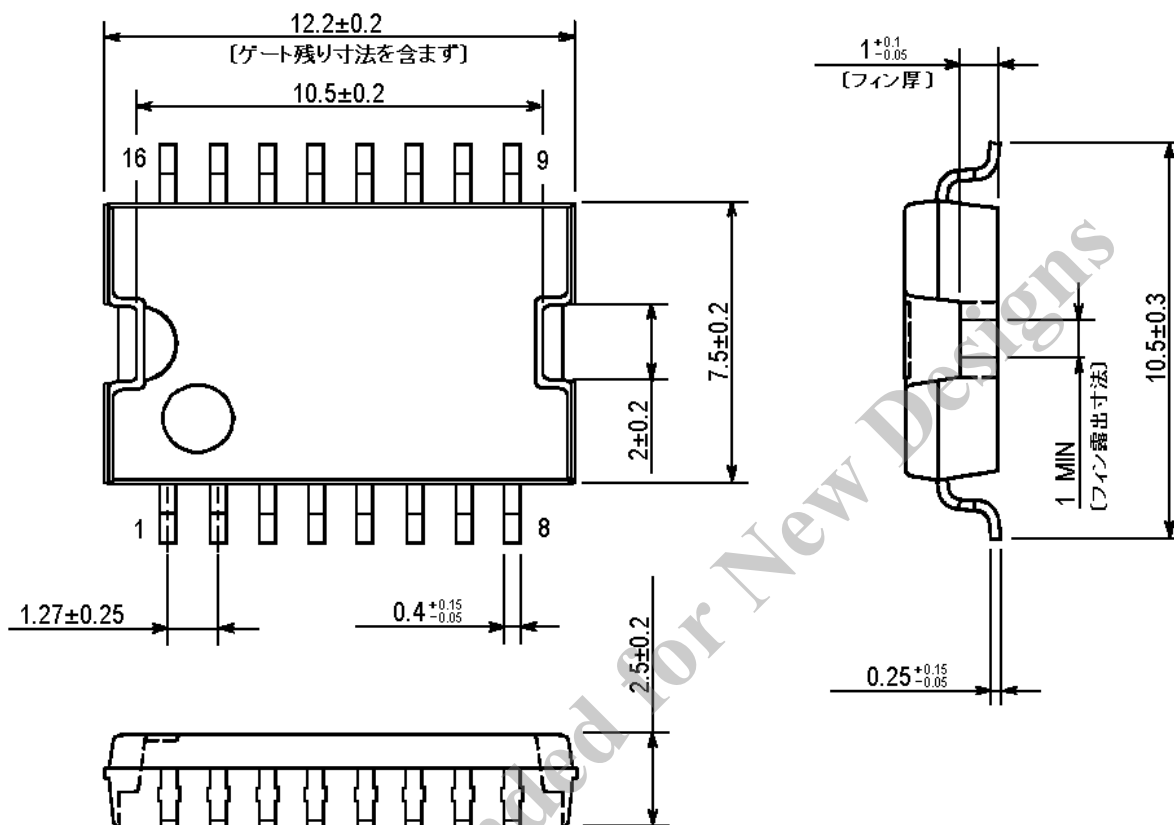
- ・オンボードローカル電源
- ・OA機器用電源
- ・2次側出力電圧安定化

### ● 1-3 種別

- ・種別: 半導体集積回路(モノリシックIC)
- ・構造: 樹脂封止型(トランスファーモールド)

## 2. 製品仕様

### ● 2-1 外形図 (HSOP-16Pin)



### ● 2-2 定格

・絶対最大定格 \*1

項目	記号	規格	単位	条件
入力電圧 $V_{IN}$	$V_{IN}$	21	V	(8001TW)
入力電圧 $V_{CC}$	$V_{CC}$		V	
入力電圧 $V_{C/E}$	$V_{C/E}$	40	V	(8002TW,8003TW)
許容損失 *2	$P_d$	3.0	W	ガラスエポキシ基板 70.0cm <sup>2</sup> (銅箔エリア 30.8cm <sup>2</sup> )実装時
接合温度	$T_j$	135	°C	(8001TW,8002TW)
		150		(8003TW)
保存温度	$T_{stg}$	-40~135	°C	(8001TW,8002TW)
		-40~150		(8003TW)
熱抵抗(接合-ケース間)	$\theta_{j-c}$	9.0	°C/W	ガラスエポキシ基板 70.0cm <sup>2</sup> (銅箔エリア 30.8cm <sup>2</sup> )実装時
熱抵抗(接合-周囲間)	$\theta_{j-a}$	35.8	°C/W	ガラスエポキシ基板 70.0cm <sup>2</sup> (銅箔エリア 30.8cm <sup>2</sup> )実装時

\*1 絶対最大定格とは、破壊限界を示す定格であり瞬時動作及び定常動作において、一項目たりとも規格値を超えないように配慮する必要があります。

\*2 但し、過熱保護により制限。

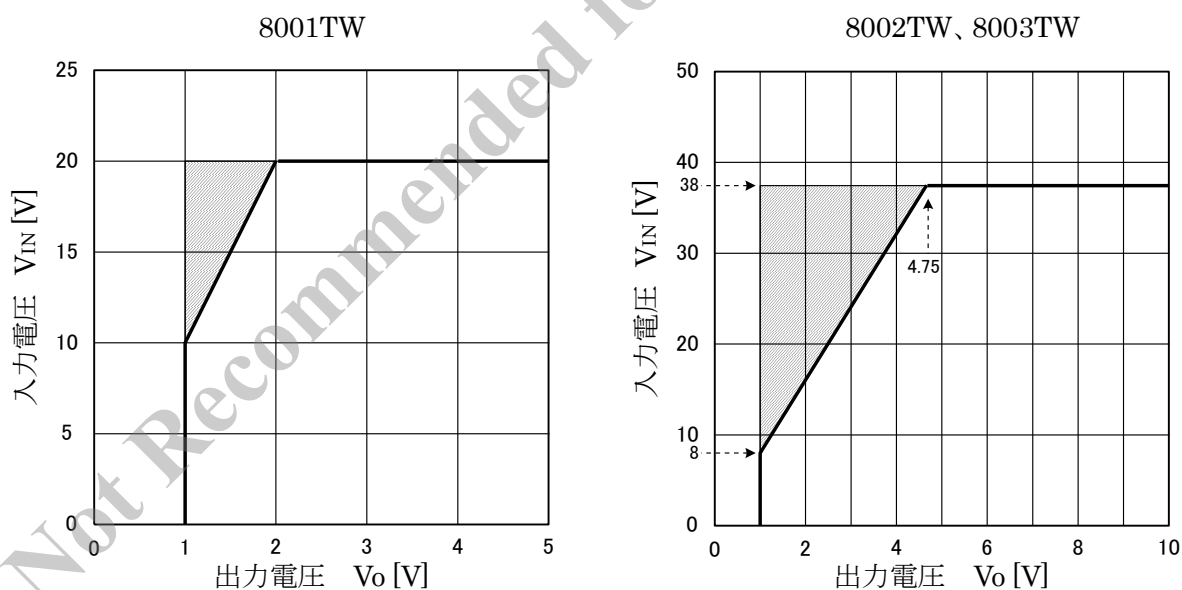
## ・推奨動作条件 \*3

項目	記号	規格		単位
		MIN	MAX	
入力電圧範囲 $V_{IN}$ *4	$V_{IN}$	$V_o+3$	20 (8001TW) 38 (8002/3TW)	V
入力電圧範囲 $V_{CC}$	$V_{CC}$	4.5		V
入力電圧範囲 $V_{C/E}$	$V_{C/E}$			V
出力電圧範囲	$V_o$	1	16 (8001TW) 24 (8002/3TW)	V
出力電流範囲	$I_{OUT}$		1.5	A
動作時接合温度範囲	$T_{jop}$	-30	135(8001/2TW) 125(8003TW)	°C
動作温度範囲	$T_{op}$	-30	135(8001/2TW) 85(8003TW)	°C

\*3 推奨動作条件とは、電気的特性に示す正常な回路機能を維持するために必要とされる動作条件を示すもので、実使用においては当条件内とする必要があります。

\*4 入力電圧範囲の最大値は、下記グラフを参照願います。

## 入力電圧範囲



- ・SPI-8001TW の出力電圧 2～16V における入力電圧範囲は  $V_o+3$ ～20V です。
- ・SPI-8002TW、SPI-8003TW の出力電圧 4.75～24V における入力電圧範囲は  $V_o+3$ ～38V です。
- ・斜線領域の使用条件下においては、位相余裕の低下、ON 幅の減少により発振が不安定となる場合がありますので、チョークコイル L、出力コンデンサ C2、C3 の容量を大きくしてください。

・電気的特性(SPI-8001TW、SPI-8002TW) \*5

(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 <sub>REF</sub>	0.996	1.006	1.016	V	V <sub>IN</sub> =10V, V <sub>O</sub> =1V, I <sub>O</sub> =0.1A
基準電圧温度係数	$\frac{\Delta V_{REF}}{\Delta T}$		±0.1		mV/ °C	V <sub>IN</sub> =10V, V <sub>O</sub> =1V, I <sub>O</sub> =0.1A, Ta=-30~+135°C
効率 1 *6	Eff1		80/78		%	V <sub>IN</sub> =V <sub>CC</sub> =15V, V <sub>O</sub> =5V, I <sub>O</sub> =0.5A
効率 2 *6	Eff2		83/81		%	V <sub>IN</sub> =15V, V <sub>O</sub> =5V, I <sub>O</sub> =0.5A, V <sub>CC</sub> =5V
動作周波数	fosc		250		kHz	V <sub>IN</sub> =V <sub>CC</sub> =15V, V <sub>O</sub> =5V, I <sub>O</sub> =0.5A
ラインレギュレーション	V <sub>Line</sub>		30	60	mV	V <sub>IN</sub> =V <sub>CC</sub> =10~20V, V <sub>O</sub> =5V, I <sub>O</sub> =1A
ロードレギュレーション	V <sub>Load</sub>		10	40	mV	V <sub>IN</sub> =V <sub>CC</sub> =15V, V <sub>O</sub> =5V, I <sub>O</sub> =0.2~1.5A
過電流保護開始電流	I <sub>S</sub>	1.6			A	V <sub>IN</sub> =V <sub>CC</sub> =15V
静止時回路電流 1	I <sub>IN</sub>		4		mA	V <sub>IN</sub> =15V, V <sub>CC</sub> =5V, I <sub>O</sub> =0A, V <sub>O</sub> ≤12V
静止時回路電流 2	I <sub>CC</sub>		8.5		mA	V <sub>CC</sub> =15V, I <sub>O</sub> =0A
静止時回路電流 3	I <sub>IN(off)</sub>			1	μA	V <sub>IN</sub> =15V, V <sub>C/E</sub> =0V or Open
静止時回路電流 4	I <sub>CC(off)</sub>			1	μA	V <sub>CC</sub> =15V, V <sub>C/E</sub> =0V or Open
C/E 端子	Hi レベル電圧	V <sub>C/EH</sub>	2.0		V	V <sub>IN</sub> =V <sub>CC</sub> =15V
	Low レベル電圧	V <sub>C/EL</sub>		0.8	V	V <sub>IN</sub> =V <sub>CC</sub> =15V
	Hi 時流入電流	I <sub>C/EH</sub>	95		μA	V <sub>C/E</sub> =20V
SS 端子 *7	Low レベル電圧	V <sub>SSL</sub>		0.5	V	V <sub>IN</sub> =V <sub>CC</sub> =15V
	Low 時流出電流	I <sub>SSL</sub>	60	80	μA	V <sub>SSL</sub> =0V, V <sub>IN</sub> =V <sub>CC</sub> =15V

\*効率規格値欄内は、左側が SPI-8001TW、右側が SPI-8002TW となります。

## ・電気的特性(SPI-8003TW) \*5

(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 <sub>REF</sub>	0.996	1.006	1.016	V	V <sub>IN</sub> =14V, I <sub>O</sub> =0.1A
基準電圧温度係数	$\frac{\Delta V_{REF}}{\Delta T}$		±0.1		mV/ °C	V <sub>IN</sub> =14V, I <sub>O</sub> =0.1A, Ta=-30~+125°C
効率 1 *6	Eff1		78		%	V <sub>IN</sub> =V <sub>CC</sub> =14V, V <sub>O</sub> =5V, I <sub>O</sub> =0.5A
効率 2 *6	Eff2		81		%	V <sub>IN</sub> =14V, V <sub>O</sub> =5V, I <sub>O</sub> =0.5A, V <sub>CC</sub> =5V
動作周波数範囲	F <sub>osc</sub>	200		400	kHz	V <sub>IN</sub> =14V, I <sub>O</sub> =0.1A, C <sub>osc</sub> =100pF
ラインレギュレーション	V <sub>Line</sub>		30	60	mV	V <sub>IN</sub> =V <sub>CC</sub> =9~18V, V <sub>O</sub> =5V, I <sub>O</sub> =1A
ロードレギュレーション	V <sub>Load</sub>		10	40	mV	V <sub>IN</sub> =V <sub>CC</sub> =14V, V <sub>O</sub> =5V, I <sub>O</sub> =0.2~1.5A
過電流保護開始電流	I <sub>s</sub>	1.6			A	V <sub>IN</sub> =V <sub>CC</sub> =14V
静止時回路電流 1	I <sub>IN</sub>		4		mA	V <sub>IN</sub> =14V, V <sub>CC</sub> =5V, I <sub>O</sub> =0A, V <sub>O</sub> ≤12V
静止時回路電流 2	I <sub>CC</sub>		8.5		mA	V <sub>CC</sub> =14V, I <sub>O</sub> =0A
静止時回路電流 3	I <sub>IN(off)</sub>			1	μA	V <sub>IN</sub> =14V, V <sub>C/E</sub> : Low or Open
静止時回路電流 4	I <sub>CC(off)</sub>			1	μA	V <sub>CC</sub> =14V, V <sub>C/E</sub> : Low or Open
静止時回路電流 5	I <sub>IN(SS0V)</sub>		4		mA	V <sub>IN</sub> =14V, V <sub>CC</sub> =5V, I <sub>O</sub> =0A, SS1=SS2=0V
静止時回路電流 6	I <sub>CC(SS0V)</sub>		8.5		mA	V <sub>CC</sub> =14V, I <sub>O</sub> =0A, SS1=SS2=0V
C/E 端子	Hi レベル電圧	V <sub>C/EH</sub>	2.0		V	V <sub>IN</sub> =V <sub>CC</sub> =14V
	Low レベル電圧	V <sub>C/EL</sub>		0.8	V	V <sub>IN</sub> =V <sub>CC</sub> =14V
	Hi 時流入電流	I <sub>C/EH</sub>		95	μA	V <sub>C/E</sub> =20V
SS 端子 *7	Low レベル電圧	V <sub>SSL</sub>		0.5	V	V <sub>IN</sub> =V <sub>CC</sub> =14V
	Low 時流出電流	I <sub>SSL</sub>		60	μA	V <sub>SSL</sub> =0V, V <sub>IN</sub> =V <sub>CC</sub> =14V

\*5 電気的特性とは、上表各項目に示してある測定条件で I C を動作させた場合に保証される特性値規格であります。

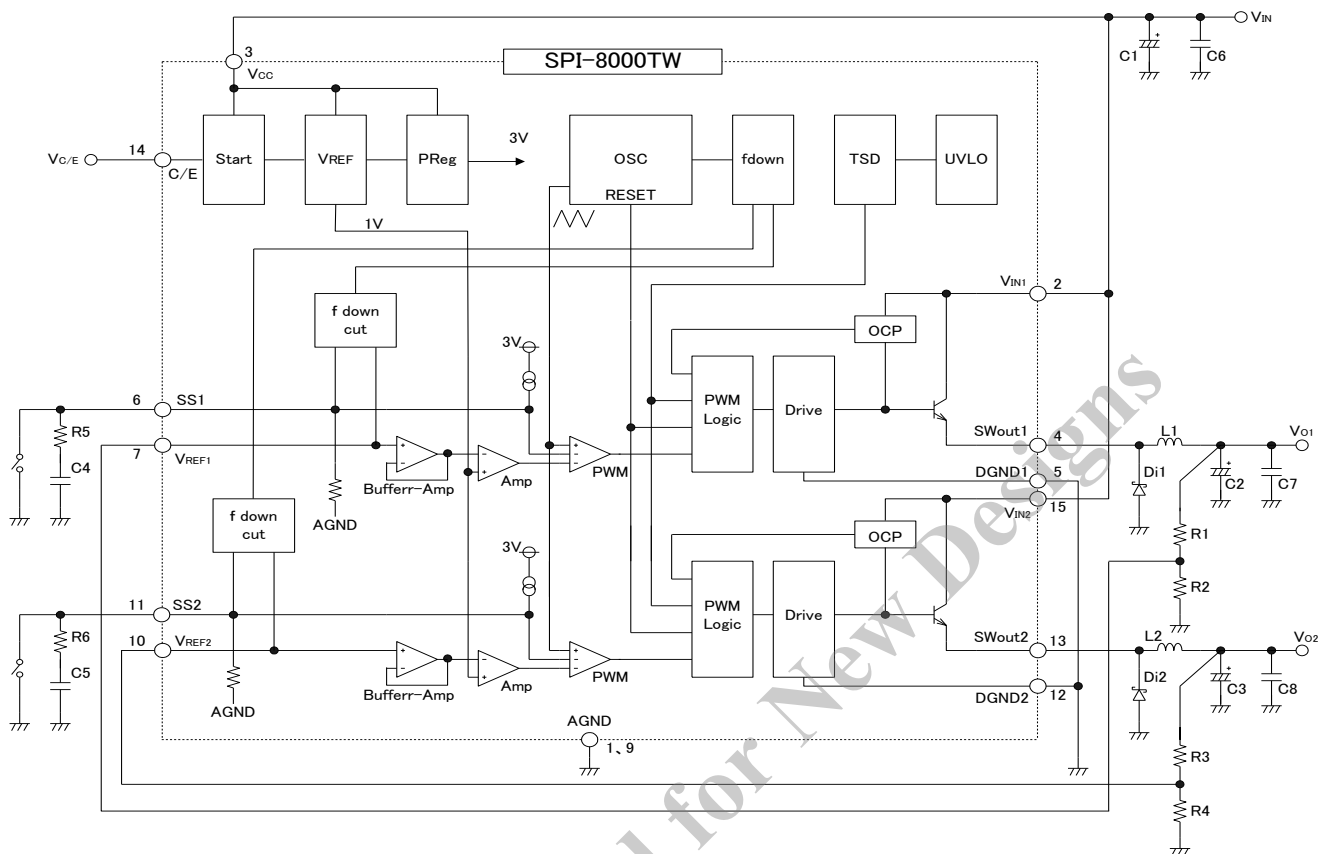
\*6 効率は次式により算出されます。

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

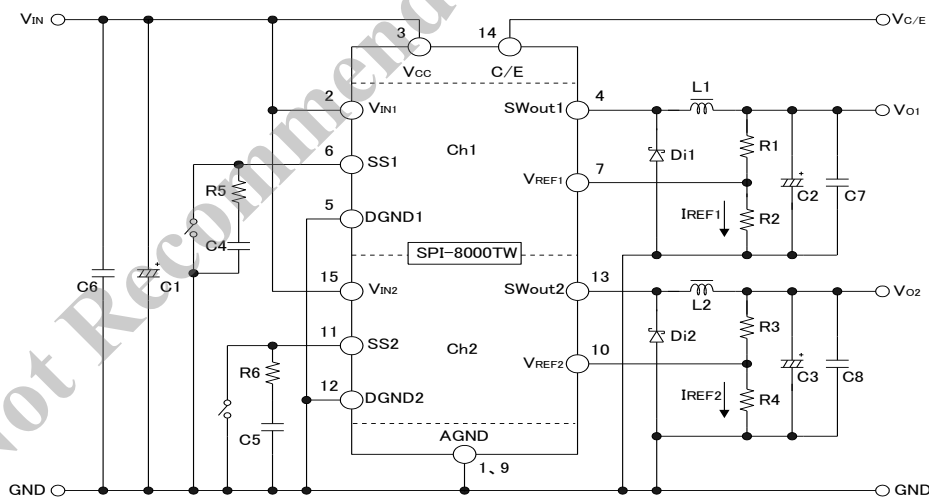
\*7 6 番、11 番端子は、SS 端子で、コンデンサを接続することによりソフトスタートさせることが出来ます。また、SS 端子を用い、出力を ON/OFF することが可能です。SS 端子電圧を V<sub>SSL</sub> 以下にすることで出力は停止します。SS 端子の電位切り替えは、トランジスタのオープンコレクタ駆動等で行うことが出来ます。尚、ソフトスタートと、ON/OFF を併用した場合、ON/OFF 用トランジスタには C 4、C 5 のディスチャージ電流が流れるため、コンデンサ容量が大きい場合は、電流制限等の保護を行って下さい。また、SS 端子は I C 内部電源にプルアップされていますので、外部からの電圧印加出来ません。

● 2-3 回路図

・ブロックダイアグラム(SPI-8001TW、SPI-8002TW)



・応用回路例

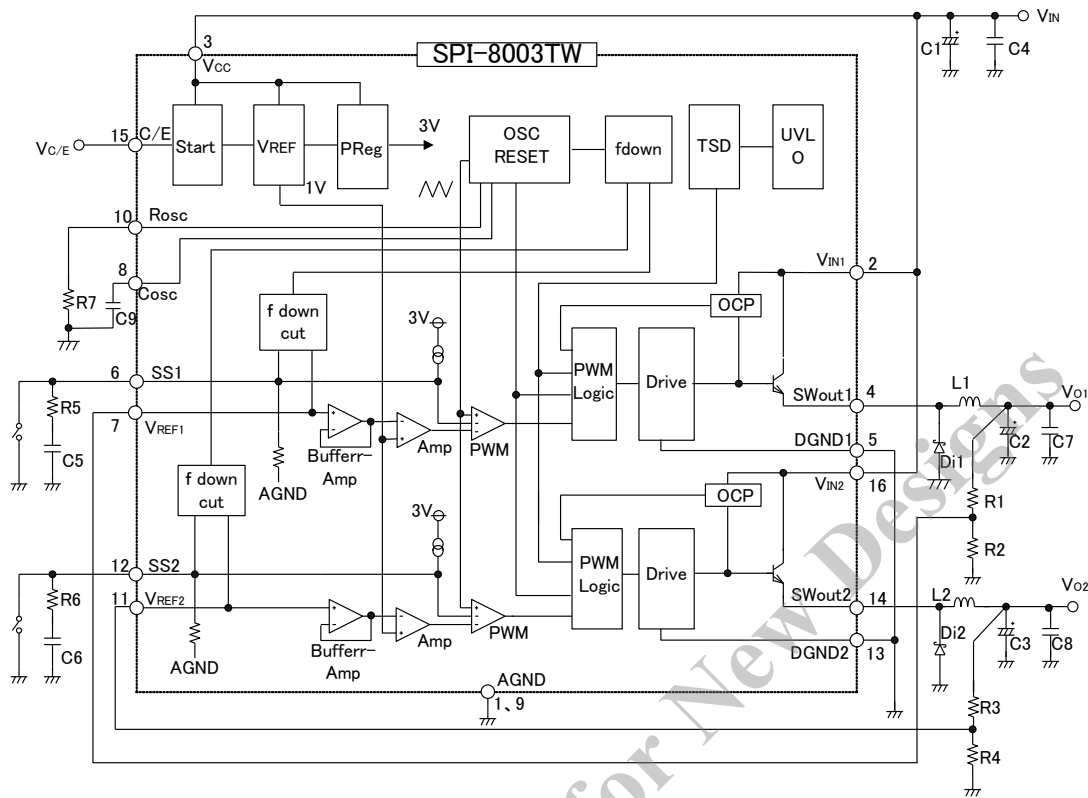


・主要部品一覧表

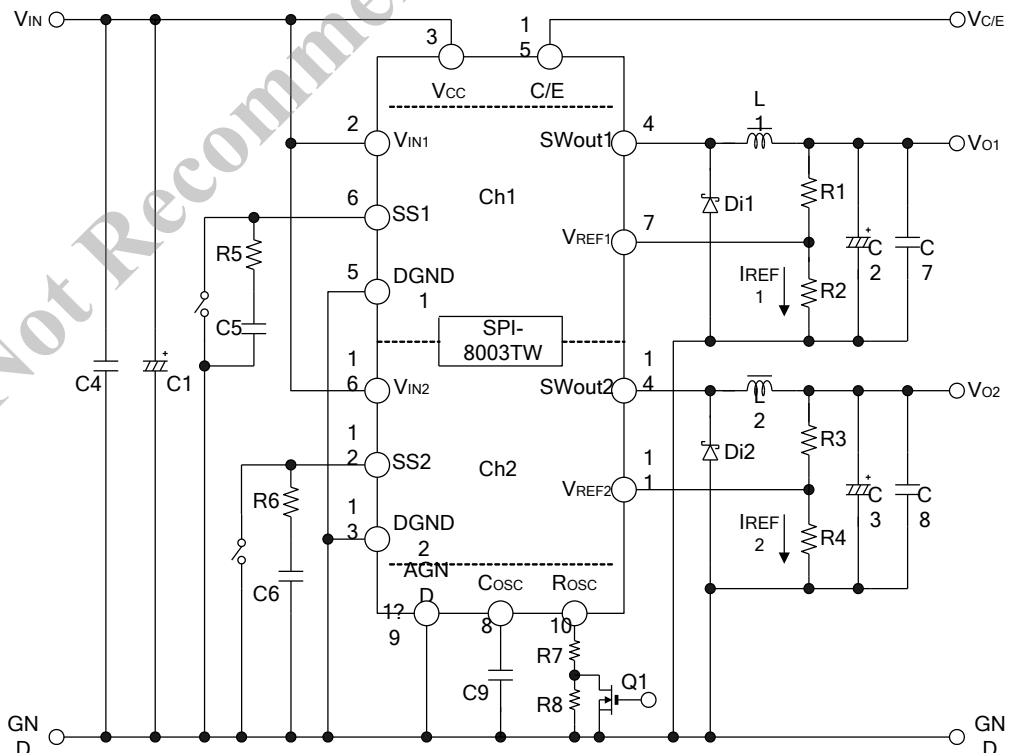
部品番号	定格	推奨部品
C1	220 $\mu$ F/50V	電解コンデンサ UUD1H221MNR1GS (nichicon)
C2, C3	470 $\mu$ F/25V	電解コンデンサ UUD1E471MNR1GS (nichicon)
C4, C5	1 $\mu$ F/10V	セラミックコンデンサ GRM21BR11A105MA01B (村田製作所)
C6, C7, C8	0.1 $\mu$ F/50V	セラミックコンデンサ GRM21BR11H104MA01B (村田製作所)
L1, L2	47 $\mu$ H	インダクター SLF12575T-470M2R7 (TDK)
D1, D2	2A/60V	ショットキバリアダイオード SFPB-66 (サンケン電気)
R1, R3	4k $\Omega$ (Vo=5V 設定)	—
R2, R4	1k $\Omega$	—



・ブロックダイアグラム(SPI-8003TW)



・応用回路例



・ 主要部品一覧表

部品番号	定格	推奨部品
C1	220 $\mu$ F/50V 電解コンデンサ	UUD1H221MNR1GS (nichicon)
C2, C3	470 $\mu$ F/25V 電解コンデンサ	UUD1E471MNR1GS (nichicon)
C5, C6	1 $\mu$ F/10V セラミックコンデンサ	GRM21BR11A105MA01B (村田製作所)
C4, C7, C8	0.1 $\mu$ F/50V セラミックコンデンサ	GRM21BR11H104MA01B (村田製作所)
C9	100pF/10V セラミックコンデンサ	GRM21BR11H101MA01B (村田製作所)
L1, L2	47 $\mu$ H インダクター	SLF12575T-470M2R7 (TDK)
D1, D2	2A/60V ショットキバリアダイオード	SFPB-66 (サンケン電気)
R1, R3	4k $\Omega$ (Vo=5V 設定)	—
R2, R4	1k $\Omega$	—
R7	30k $\Omega$	—
R8	9.1k $\Omega$	—

動作周波数は、Cosc-GND 間に付加するコンデンサ及び R<sub>osc</sub>-GND 間に付加する抵抗で設定する事が可能です。又、上記応用回路のように Q1 を付加して ON/OFF させる事で、動作周波数を変更させる事が可能です。

上記の例では、

Q1 ON の場合 : R7 (30k  $\Omega$ ) のみとなりますので、動作周波数は約 300kHz となります。

Q1 OFF の場合 : R7 (30k  $\Omega$ ) と R8 (9.1k  $\Omega$ ) の合成抵抗となりますので、動作周波数は約 250kHz となります。

スイッチングノイズによる影響を受けやすい、AMラジオや通信機器、TV、音響機器等のアプリケーションにお奨めです。

Not Recommended for New Designs

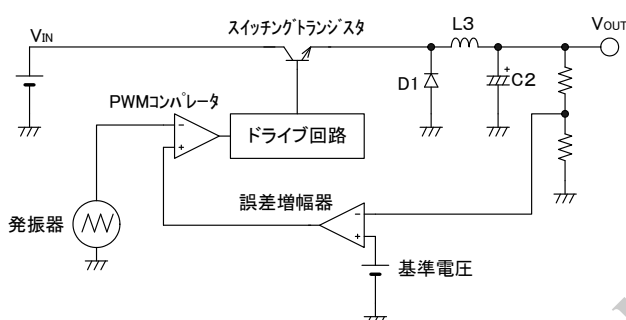
### 3. 動作説明

#### ● 3-1 PWM出力電圧制御

SPI-8000TW シリーズは、PWM方式にて出力電圧を制御しており、PWMコンパレータ、発振器、誤差増幅器、基準電圧、出力トランジスタドライブ回路、等を内蔵しております。

PWMコンパレータの入力には発振器からの三角波出力(250kHz:SPI-8001/2TW, 200~400kHz:SPI-8003TW)と誤差増幅器の出力が与えられます。PWMコンパレータは発振器出力と誤差増幅器出力を比較し、発振器出力に対し誤差増幅器出力が上回った時間にスイッチングトランジスタがONになるよう制御しています。

PWM制御チョップパ型レギュレータ基本構成

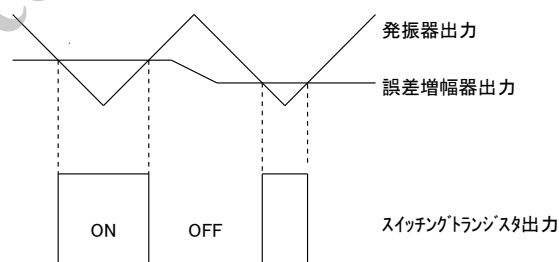


誤差増幅器出力と発振器出力をPWMコンパレータで比較し、方形波のドライブ信号をさせてスイッチングトランジスタをドライブする。

仮に出力電圧が上昇しようとした場合、誤差増幅器は反転型のため誤差増幅器の出力は低下します。誤差増幅器出力が低下しますと発振器の三角波レベルを下回る時間が増加しスイッチングトランジスタのON時間を短縮させる事により出力電圧を一定に保ちます。このようにスイッチングの周波数は固定したままで、スイッチングトランジスタのON時間を変化させる事により出力電圧を制御しています。

( $V_{in}$  が高い程スイッチングトランジスタのON時間は短くなります。)

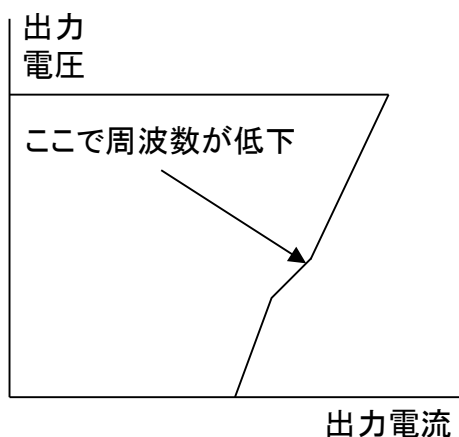
PWMコンパレータ動作図



スイッチングトランジスタの方形波出力は、チョークコイルとコンデンサによるLCローパスフィルターにより平滑され、安定化された直流電圧として負荷へ供給される事になります。

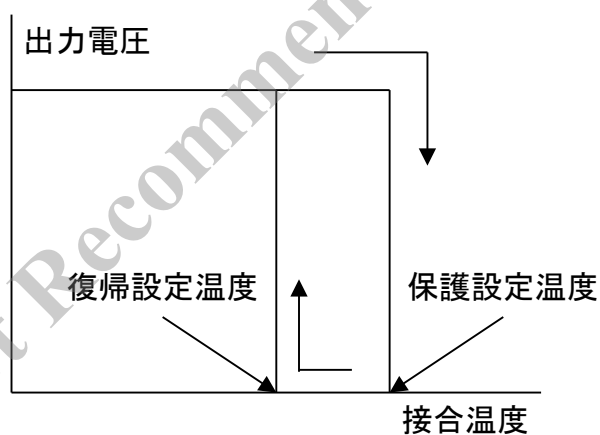
### ● 3 - 2 過電流・過熱保護

過電流時出力電圧特性



SPI-8000TW シリーズは、負荷短絡時の電流を抑えるため、フの字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。更に出力電圧が定格値の約 50%まで低下しますとスイッチング周波数を約 70KHz に落とし低出力電圧時の電流増加を防止しています。過電流状態を解除すると出力電圧は自動的に復帰します。

過熱保護時出力電圧特性



過熱保護回路は、ICの半導体接合温度を検出し、接合温度が設定値を超えると出力トランジスタを停止させ、出力をOFFとします。接合温度が過熱保護設定値より約 15°C程度低下します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での信頼性を含めた動作を保証するものではありません。

## 4. 各端子の説明

### ● 4-1 端子記号、名称

端子番号	SPI-8001TW / SPI-8002TW		SPI-8003TW	
	記号	名称	記号	名称
1	AGND	グランド端子	AGND	グランド端子
2	VIN1	パワー部入力端子 (ch1)	VIN1	パワー部入力端子 (ch1)
3	VCC	制御部入力端子	VCC	制御部入力端子
4	SWout1	スイッチング出力端子 (ch1)	SWout1	スイッチング出力端子 (ch1)
5	DGND1	ドライブ部グランド端子 (ch1)	DGND1	ドライブ部グランド端子 (ch1)
6	SS1	ソフトスタート, ON/OFF 端子 (ch1)	SS1	ソフトスタート, ON/OFF 端子 (ch1)
7	VREF1	基準電圧端子 (ch1)	VREF1	基準電圧端子 (ch1)
8	N/C	無接続端子	Cosc	周波数設定端子(コンデンサ用)
9	AGND	グランド端子	AGND	グランド端子
10	VREF2	基準電圧端子 (ch2)	Rosc	周波数設定端子(抵抗用)
11	SS2	ソフトスタート, ON/OFF 端子 (ch2)	VREF2	基準電圧端子 (ch2)
12	DGND2	ドライブ部グランド端子 (ch2)	SS2	ソフトスタート, ON/OFF 端子 (ch2)
13	SWout2	スイッチング出力端子 (ch2)	DGND2	ドライブ部グランド端子 (ch2)
14	C/E	チップ イネーブル端子	SWout2	スイッチング出力端子 (ch2)
15	VIN2	パワー部入力端子 (ch2)	C/E	チップ イネーブル端子
16	N/C	無接続端子	VIN2	パワー部入力端子 (ch2)

### ● 4-2 端子機能説明

- AGND (端子番号 1, 9): SPI-8001/2/3TW  
アナロググランド端子です。
- DGND1, 2 (端子番号 5, 12): SPI-8001/2TW  
(端子番号 5, 13): SPI-8003TW  
パワーグランド端子です。
- VIN1, 2 (端子番号 2, 15): SPI-8001/2TW  
(端子番号 2, 16): SPI-8003TW  
外部メイン電圧の入力端子です。VIN1 と VIN2 は別々に接続することも可能です。
- VCC (端子番号 3): SPI-8001/2/3TW  
内部電源供給用の端子です。VIN(2,15 番端子:SPI-8001/2TW、2,16 番端子:SPI-8003TW)に接続もしくは推奨動作範囲内の電圧を印加してください。低い電圧のほうが、消費電力が減少します。
- Swout1, 2 (端子番号 4, 13): SPI-8001/2TW  
(端子番号 4, 14): SPI-8003TW  
スイッチング出力端子です。
- SS1, 2 (端子番号 6, 11): SPI-8001/2TW  
(端子番号 6, 12): SPI-8003TW  
ソフトスタート用端子です。接続されたコンデンサ C4、C5 より、出力電圧をソフトスタートさせることができます。SS 端子を 0.5V 以下にすることで Ch 別に ON/OFF できます。詳細は P.20 を参照願います。R5、R6 は、オープンコレクタトランジスタを用いて ON/OFF した際のデイスチャージ保護用です。ON/OFF しない場合は、R5、R6 は不要です。

- Vref1、2 (端子番号 7、10) : SPI-8001/2TW  
(端子番号 7、11) : SPI-8003TW  
出力電圧設定用の端子です。R1、R2 で Ch1 の出力電圧、R3、R4 で Ch2 の出力電圧を設定します。出力電圧設定方法は P.20 を参照願います。出力電圧可変範囲 1~16V (SPI-8001TW)、1~24V (SPI-8002/3TW) です。
- C/E (端子番号 14) : SPI-8001/2TW  
(端子番号 15) : SPI-8003TW  
ON/OFF 端子です。0.8V 以下で出力 OFF、2V 以上で出力 ON となります。C/E 端子を用いた ON/OFF は Ch1、Ch2 ともに ON/OFF します。C/E 端子で OFF した場合の VIN、VCC の流入電流はそれぞれ 1  $\mu$  A 以下になります。C/E を使用しない場合は VIN にプルアップ願います。
- Cosc、Rosc (端子番号 8、10) : SPI-8003TW  
発振周波数設定用の端子です。C9、R7(R8)で発振周波数を設定します。発振周波数設定方法については P.21 の動作周波数特性を参照願います。  
発振周波数可変動作範囲は 200kHz~400kHz (SPI-8003TW) です。
- N/C(端子番号 8、16): SPI-8001/2TW  
N/C 端子は内部回路に接続されていないので、オープンとしてください。ノイズの影響をさけるため中継パッド等には使用しないでください。

Not Recommended for New Designs

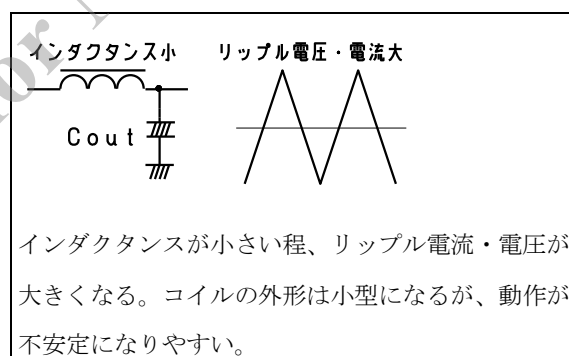
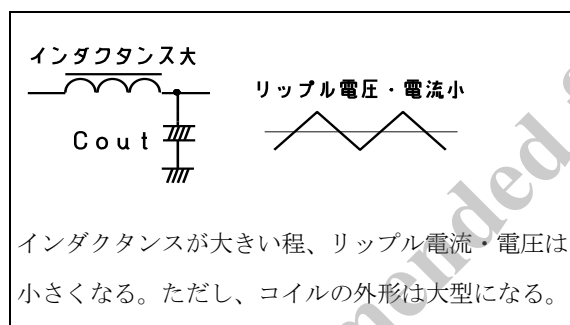
## 5. ご使用に際しての注意事項

### ● 5-1 周辺部品選定上の注意

#### 5-1-① チョークコイル (L1, 2)

チョークコイルLは、スイッチングトランジスタOFF時に負荷側に電流を供給しており、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。レギュレータの安定動作維持のため、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は回避しなくてはなりません。チョークコイル選定のポイントとしては以下の事項が挙げられます

- 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させていただきます。
- b) インダクタンス値が適正であること  
チョークコイルのインダクタンスは、大きいほどコイルを流れるリップル電流が減少し出力リップル電圧が小さくなりますが、コイルの外形は大形になります。逆に小さなインダクタンスとすると、スイッチングトランジスタやダイオードを流れるピーク電流が増大して損失が増加し、リップル電圧も大きくなり安定動作確保の上で好ましくありません。



仕様書に示すインダクタンス値は、安定動作に適した目安の値であります。また次式によって適当なインダクタンス値を求めることもできます。

ここで、 $\Delta I_L$  はチョークコイルのリップル電流値を示し、大略下記を目安に従って設定します。

- ・ 使用出力電流が SPI-8000TW の最大定格 (1.5A) に近い場合：出力電流 $\times 0.2 \sim 0.3$  倍
- ・ 使用出力電流が大略 0.5A 以下の場合：出力電流 $\times 0.5 \sim 0.6$  倍

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

- 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。

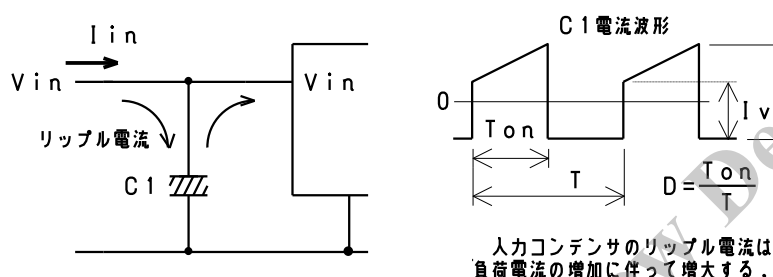
### 5-1-②入力コンデンサ (C1)

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おり、入力側の電圧降下を補償しています。従って極力レギュレータICの近くに取り付ける必要があります。また、AC 整流回路の平滑コンデンサが入力回路にある場合には、入力コンデンサは平滑コンデンサと兼用とすることができますが、同様の配慮が必要です。

C1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。
- c) 低ESRであること。低ESRのほうが、出力に発生するスパイクノイズが減少します。

#### C1の電流の流れ



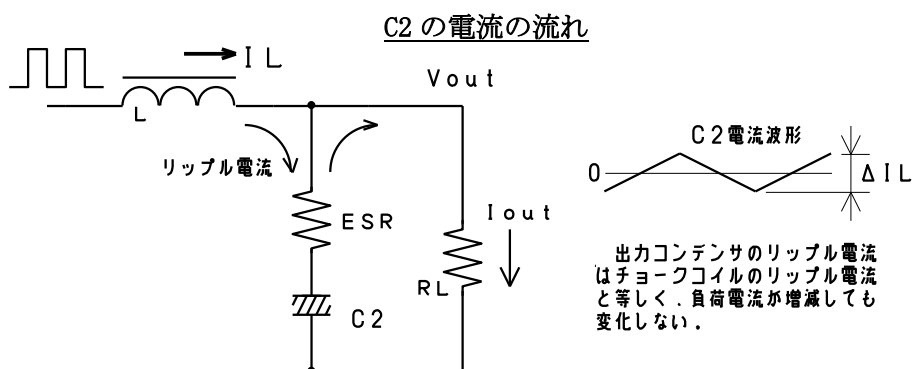
これら耐圧や許容リップル電流値を、オーバーしたりデレーティング無しで使用した場合、コンデンサ自身の寿命が低下（パンク、容量の減少、等価インピーダンス増大、等）するばかりでなく、レギュレータの異常発振を誘発する危険があります。従って、十分なマージンをとった選択が必要です。なお入力コンデンサに流れるリップル電流実効値  $I_{rms}$  は下記の式で求められます。Vin は最低入力電圧としてください。

$$I_{rms} \approx 1.2 \times \frac{V_{o1}}{V_{in}} \times I_{out1} + 1.2 \times \frac{V_{o2}}{V_{in}} \times I_{out2} \quad \text{--- (2)}$$

$V_{o1}$  : Ch1 の出力電圧、 $V_{o2}$  : Ch2 の出力電圧  $I_{o1}$  : Ch1 の出力電流、 $I_{o2}$  : Ch2 の出力電流

### 5-1-③出力コンデンサ (C2, 3)

出力コンデンサC2は、チョークコイルLと共にLCローパスフィルタを構成して、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  $\Delta I_L$  と等しい電流が充放電されています。従ってC2選定のパラメータとしては入力コンデンサと同様に、耐圧及び許容リップル電流値に十分なマージンをとった上で満足する必要があります。また、その他のポイントとして、直流等価抵抗(ESR)、容量となります。以下に選定の注意点を示します。





## a) 許容リップル電流

出力コンデンサのリップル電流実効値は、下記の式で求められます。

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

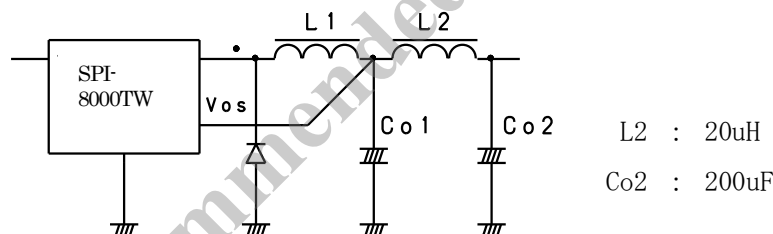
## b) 直流等価抵抗 (ESR)

安定動作のため ESR は適切な値を選ぶことが必要です。ESR が過大な場合には、出力リップル電圧増大による異常発振、一方、過少な場合は位相余裕の不足となります。出力リップル電圧は、チョークコイル電流の脈流部  $\Delta IL$  (=C2 充放電電流) と ESR の積で決まり、出力リップル電圧としては、出力電圧の 0.5~1% 程度(例:  $V_{out}=5V$  で 0.5% の場合: 25mV) にて良好な動作となり、出力電圧リップルの求め方は (4) (5) を参照願います。ESR は温度で変化し、特に高温時には ESR が低下することから注意が必要です。

$$V_{rip} \approx \frac{(V_{in} - V_{out})V_{out}}{L \cdot V_{in} \cdot f} ESR \quad \text{--- (4)}$$

$$V_{rip} \approx \Delta IL \cdot ESR \quad \text{--- (5)}$$

また、ESR が極端に小さい場合(約 10~20mΩ 以下)位相遅れが大きくなり、異常発振となる可能性があります。このため、出力コンデンサにタンタルコンデンサや積層セラミックコンデンサを単体で用いることは適当ではありません。但し低温(<0 °C)で使用される場合には、電解コンデンサと並列にタンタルコンデンサや積層セラミックコンデンサを接続すると出力リップル電圧の低減に有効です。更に、一層出力リップル電圧を小さくするには、下図に示すように、LC フィルタを一段追加し  $\pi$  型フィルタを構成するのが効果的です。



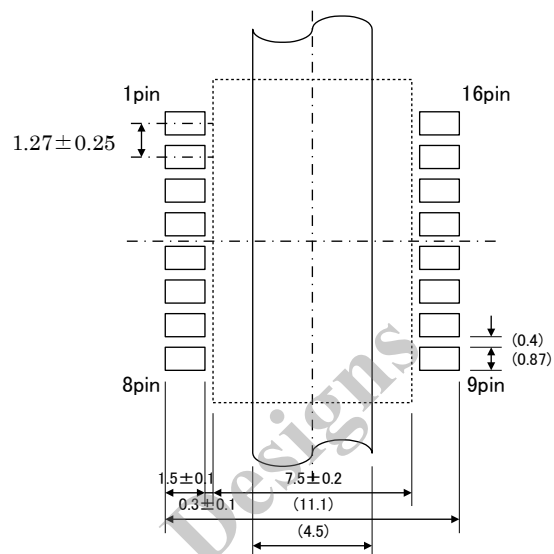
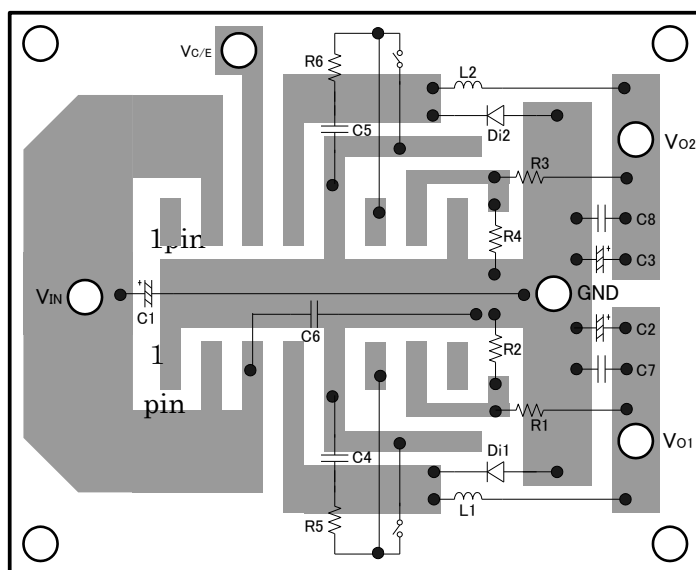
このように、出力コンデンサ C2 においては、耐圧及び許容リップル電流が満足されれば、容量より ESR の方が動作安定度に与える影響が大きい事にご注意ください。出力コンデンサのレイアウトについては、IC より離れた場所に配置した場合、配線抵抗等で擬似的に ESR の上昇と等価となるため、IC 近傍の配置を推奨します。

#### 5-1-④フライホイールダイオード (Di 1, 2)

ダイオード Di 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ための物です。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。

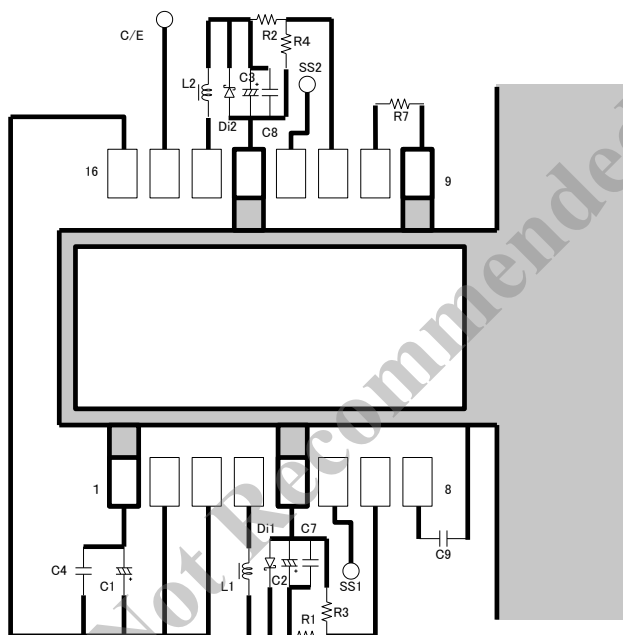
● 5-2 パターン上の注意

SPI-8001/2TW



推奨ランドパターン

SPI-8003TW



推奨パターン

\*最適な動作条件とするためには、GND ラインは 9 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。

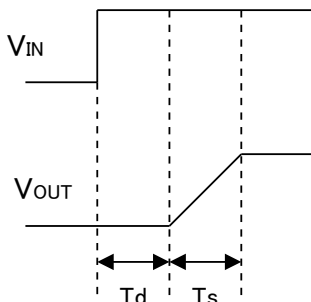
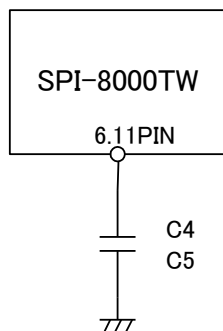
● 5-3 動作上の注意

1. SPI-8000TW の出力を並列動作させることはできません。
2. SPI-8000TW は GND が共通なため、反転チャップレギュレータとして使用することはできません。

## 6. 応用

### ● 6-1 ソフトスタート

6, 11 番端子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。コンデンサ C4、C5 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する為のもので、遅れ時間  $T_d$  及び立ち上がり時間  $T_s$  は下記の式で求められます。但し実機においては、入力電源、負荷の立ち上がり、等の影響を受ける為多少の変動があります。



$$T_d = \frac{C4}{60 \times 10^{-6}} \quad (\text{Sec}) \quad \text{--- (6)}$$

$$T_s = \frac{C4 \times V_o}{V_{in} \times 60 \times 10^{-6}} \quad (\text{Sec}) \quad \text{--- (7)}$$

例えば  $V_{IN}=15V$ 、 $V_o=5V$ 、 $C3=1\mu F$  とすると、

$$T_d = \frac{1 \times 10^{-6}}{60 \times 10^{-6}} = 16.6(\text{ms}) \quad T_s = \frac{5 \times 1 \times 10^{-6}}{15 \times 60 \times 10^{-6}} \doteq 5.5(\text{ms})$$

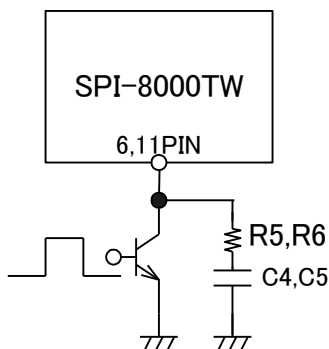
$$T_d + T_s \doteq 22.1(\text{ms})$$

よって、電源投入後、出力電圧立ち上がりまで、22.1ms かかる事になります。

但し C4、C5 を大きくしますと  $V_{in}OFF$  後の C4、C5 ディスチャージも時間がかかるようになります。C4、C5 は 4.7 $\mu F$  以内の値で使用される事をお奨めします。

### ● 6-2 ソフトスタートを用いた出力の ON・OFF 制御

6, 11 番・ソフトスタート端子を用いて、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、6, 11 番端子を Lo レベル (0.5V 以下) とすると出力は停止します。又ソフトスタートとの併用も可能です。ソフトスタート端子は IC 内部でプルアップ済みですので外部からは電圧を印加しないで下さい。R5、R6 は C4、C5 ディスチャージ時保護用です。



● 6 - 3 出力電圧設定

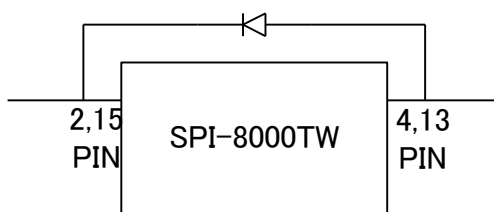
R1、R2 で Ch1 の出力電圧、R3、R4 で Ch2 の出力電圧を設定します。

出力電圧が 5V の場合、R1 は 4kΩ、R2 は 1kΩ となります。

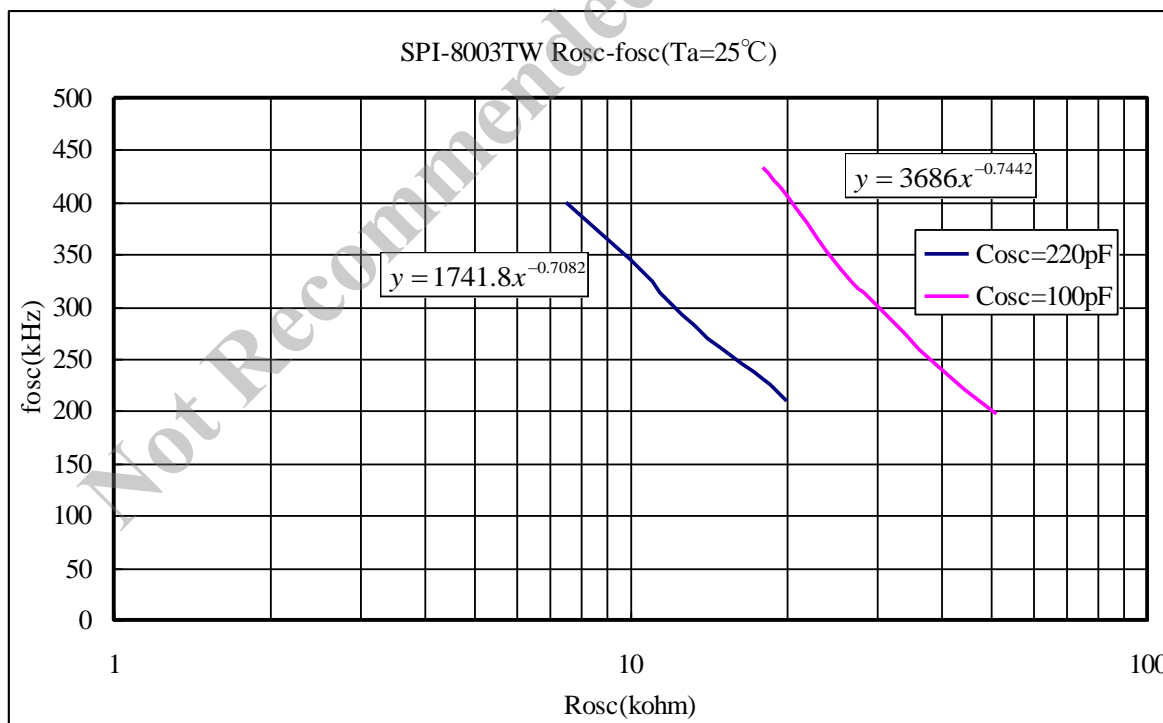
$$R1(R3) = \frac{(V_{O1} - V_{REF1})}{I_{REF1}} = \frac{(V_{O1} - 1)}{1 \times 10^{-3}} (\Omega), \quad R2(R4) = \frac{V_{REF1}}{I_{REF1}} = \frac{1}{1 \times 10^{-3}} \doteq 1(K\Omega) \quad - - (8)$$

● 6 - 4 逆バイアス保護

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。推奨ダイオード：SFPL52(サンケン製)



● 6 - 5 動作周波数範囲 (SPI-8003TW)



## 7. 用語解説

- **ジッタ**

異常スイッチング動作の一種で、入出力条件が一定にも関わらずスイッチングパルス幅が変動する現象であります。ジッタが発生すると、出力のリプル電圧ピーク幅が増加します。

- **推奨動作条件**

正常な回路機能を維持するために必要とされる動作条件を示すもので、実使用においては当条件内とする必要があります。

- **絶対最大定格**

破壊限界を示す定格であり、瞬時動作及び定常動作において、一項目かつ一瞬たりとも規格値を超えないように配慮する必要があります。

- **電気的特性**

各項目に示している条件で動作させた場合の特性値規格であります。動作条件が異なる場合には、規格値から外れる可能性があります。

- **PWM (Pulse width modulation)**

パルス変調方式の一種で、変調信号波（チョップ型スイッチングレギュレータの場合、出力電圧）の変化に応じて、パルスの幅を変えて変調する方式であります。

- **ESR (Equivalent series resistance)**

コンデンサの等価直列抵抗値を示します。コンデンサに直列に接続された抵抗と同等の作用を示します。

## 8. 使用上の注意

### ！注意

- 本書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事があります。ご使用の際には、最新の情報である事をご確認下さい。
- 本書に記載されている動作例及び回路例は、使用上の参考として示したもので、これらに起因する当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当社はいっさい責任を負いません。
- 本書に記載されている製品をご使用の場合は、これらの製品と目的物との組み合わせについて使用者の責任において検討・判断を行って下さい。
- 当社は品質、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、社会的な損害等が発生させないように、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及び確認を行って下さい。
- 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、計測機器等）に使用される事を意図しております。ご使用の場合は、納入仕様書の締結をお願いします。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、火災・防犯装置、各種安全装置など）への使用をご検討の際には、必ず当社販売窓口へご相談及び納入仕様書の締結をお願いします。極めて高い信頼性が要求される装置（航空宇宙機器、原子力制御、生命維持の為の医療機器など）には、当社の文書による合意がない限り使用しないで下さい。
- 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。
- 本書に記載された内容を文書による当社の承諾無しに転記複製を禁じます。

#### ご注文に際して

ご注文数量は、1400個の整数倍でご指定下さいますようお願い致します。