

データシート

面実装タイプ同期整流型チョップレギュレータIC

SI-8205NHD シリーズ

第10版 2020年2月3日

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	5~6
2-3	回路図	7
3. 各端子の説明		
3-1	端子記号、名称	8
3-2	端子機能説明	8
4. SI-8205NHD シリーズの動作説明		
4-1	PWM 出力制御	9
4-2	過電流・過熱保護	10
5. 使用に際しての注意事項		
5-1	外付部品選定上の注意	11~18
5-2	パターン設計上の注意	19~21
5-3	電源の安定性	22
6. 応用		
6-1	ソフトスタート	23
6-2	出力 ON・OFF 制御	24
6-3	スパイクノイズの低減	24
6-4	逆バイアス保護	25
6-5	動作周波数	26
6-6	同期・非同期切り替え	26~27
6-7	軽負荷時・無負荷時の発振周波数について	27~28
6-8	軽負荷時の動作モードについて	28
6-9	HI 側/LO 側 FET の ON 抵抗及びバラツキについて	28
7. 製品寿命について		29
8. 用語解説		30

1. 概要

SI-8205NHD は、パワーMOS 内蔵の同期整流型チョップレギュレータ IC です。また、電流制御方式により、セラミックコンデンサのような超低 ESR のコンデンサに対応できます。過電流保護、低入力禁止、過熱保護等のスイッチング・レギュレータとしての、保護機能を有しています。起動時の突入電流を防ぐために、ソフトスタート機能も有しています。外付けに、コンデンサを接続することで、ソフトスタート時間を設定できます。また、外付けに、抵抗を接続することで、周波数を設定できます。このデバイスは、裏面にヒートスラグ付きの小型薄型の HSOP8 ピンパッケージで供給されます。

● 1-1 特長

- ・出力電流 3.0 A
HSOP-8Pin 面実装パッケージで、出力電流は各出力最大 3.0 A です。
- ・高効率
最大効率 94%
- ・出力電圧可変
0.5~24V
- ・出力に低 ESR コンデンサ
セラミックコンデンサが使用可能
- ・動作周波数
200kHz~1MHz
- ・過電流、過熱保護内蔵
垂下型過電流保護及び過熱保護回路を内蔵しています。(自動復帰型)
- ・ソフトスタート機能 (出力 ON/OFF 可能)
外付コンデンサの追加で、起動時に出力電圧立ち上がり速度を遅らせる事が出来ます。又出力の ON/OFF 制御も可能です。
- ・小型 PKG 使用 (SI-8205NHD)
ヒートスラグ付 HSOP8 ピンパッケージ

● 1-2 主な用途

- ・オンボードローカル電源
- ・レギュレータ 2 次側出力電圧安定化
- ・OA 機器用電源
- ・テレコム用電源

● 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)

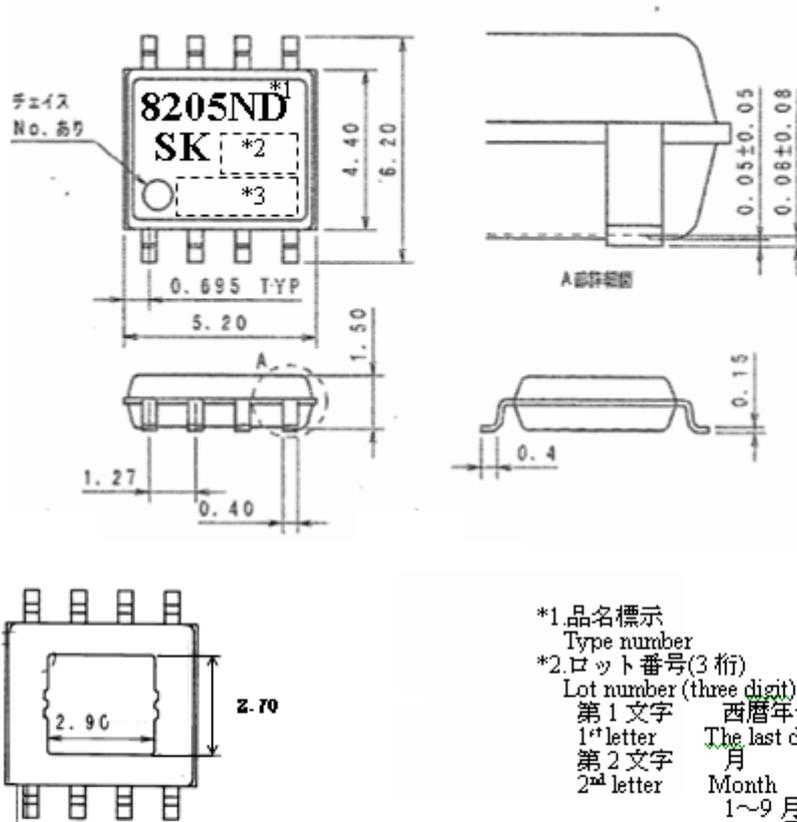
2. 製品仕様

● 2-1 外形図

2-1-1 SI-8205NHD 外形図

単位：mm

Unit：mm



端子配列

PIN Assignment

- 1.GND
- 2.EN/SS
- 3.VIN
- 4.FSET
- 5.COMP
- 6.FB
- 7.BS
- 8.SW

*1.品名標示

Type number

*2.ロット番号(3桁)

Lot number (three digit)

第1文字 西暦年号下一桁
1st letter The last digit of year

第2文字 月
2nd letter Month

1~9月：アラビア数字
10月：O
11月：N
12月：D

(1 to 9 for Jan. to Sept.,
O for Oct. N for Nov. D for Dec.)

第3文字 製造週
3rd letter week

01~05：アラビア数字
Arabic Numerical

*3.管理番号(4桁)

Control number (four digit)

● 外部端子処理：Sn-2.5Agメッキ

● 2 - 2 定格

表 1 絶対最大定格

項目	記号	規格	単位	条件
入力電圧 V_{IN}	V_{IN}	46	V	
BS 端子電圧 V_{BS}	V_{BS}	52	V	
BS-SW 間端子電圧 V_{BS-SW}	V_{BS-SW}	6	V	
SW 端子電圧 V_{SW}	V_{SW}	46	V	
FB 端子電圧 V_{FB}	V_{FB}	6	V	
EN/SS 端子電圧 $V_{EN/SS}$	$V_{EN/SS}$	6	V	
FSET 端子電圧 V_{FSET}	V_{FSET}	6	V	
COMP 端子電圧 V_{COMP}	V_{COMP}	6	V	
許容損失 *1	P_d	1.35	W	
接合温度	T_j	150	°C	
保存温度	T_{stg}	-40~150	°C	
熱抵抗(接合-ケース間) *2	θ_{j-c}	40	°C/W	
熱抵抗(接合-周囲間) *2	θ_{j-a}	74	°C/W	

*1 過熱保護を搭載しており $T_j > 140^\circ\text{C}$ で動作する場合があります。 $T_j < 125^\circ\text{C}$ で設計ください。

*2 ガラスエポキシ基板 30.0mm×30.0mm (銅箔エリア 25.0mm×25.0mm)実装時

表 2 推奨動作条件

項目	記号	SI-8205NHD	単位
直流入力電圧	V_{IN}	*3 $V_0+3V \sim 43$	V
出力電流	I_o	0~3.0	A
動作時接合温度	T_{jop}	-30~+125	°C
動作時接合温度	T_{op}	-30~+85	°C

*3 入力電圧範囲の最小値は、8V もしくは V_0+3V のどちらか大きい値とする。

$V_{IN} = V_0+2 \sim V_0+3V$ の場合は $I_{OUT}=2A \text{ MAX}$ となります。

表3 電気的特性 (Ta=25°C、Vo=5V 設定時 R1=9kΩ,R2=1kΩ)

項目	記号	規格値			単位	測定条	
		MIN	TYP	MAX			
設定基準電圧	VREF	0.495	0.500	0.505	V	VIN=12V, Io=1.0A	
出力電圧温度係数	$\frac{\Delta VREF}{\Delta T}$		±0.05		mV/°C	VIN=12V, Io=1.0A Ta=-40°C to +85°C	
効率 *4	η		90		%	VIN=12V, Io=1A	
動作周波数	fo	425	500	575	kHz	VIN=12V, Io=1A Rfset=150kΩ	
ラインレギュレーション*5	VLine		50		mV	VIN=8~43V, Io=1A	
ロードレギュレーション*5	VLoad		50		mV	VIN=12V, Io=0.1~3.0A, f=500kHz	
過電流保護開始電流	IS	3.1		6.0	A	VIN=12V	
静止時回路電流 1	IIN		18		mA	VIN= 12V, Io=0A, VEN= open	
静止時回路電流 2	IIN(off)		10	30	uA	VIN= 12V, Io=0A, VEN= 0V	
EN/SS 端子	Low 時流出電流	IEN/SS		5	μA	VEN/SS=0V, VIN= 12V	
	開放電圧	VSSH	3.0	4.5	6.0	V	VIN=12V
	オンスレッシュ電圧	VC/EH	0.6	1.3	2.0	V	VIN=12V

項目	記号	規格値 Ratings			単位	測定条件
		MIN	TYP	MAX		
スロープ補正	Kc		0.55		A/ μsec	
エラーアンプ 電圧ゲイン	AEA		800		V/V	
エラーアンプ トランスコンダクタンス	GEA		800		uA/V	
カレントセンスアンプ コンダクタンス	GCS		3.33		A/V	
最大ONデューティ	DMAX		90		%	
最小ON時間	DMIN		150		nsec	
ハイサイド SW ON 抵抗	RonH		150		mΩ	VIN=12V
ローサイド SW ON 抵抗	RonL		150		mΩ	VIN=12V

*4 効率は次式により算出されます。 $\eta (\%) = \frac{V_o \cdot I_o}{V_{IN} \cdot I_{IN}} \times 100$

*5 設計保証値です。

● 2-3 回路図

2-3-① 内部等価回路図

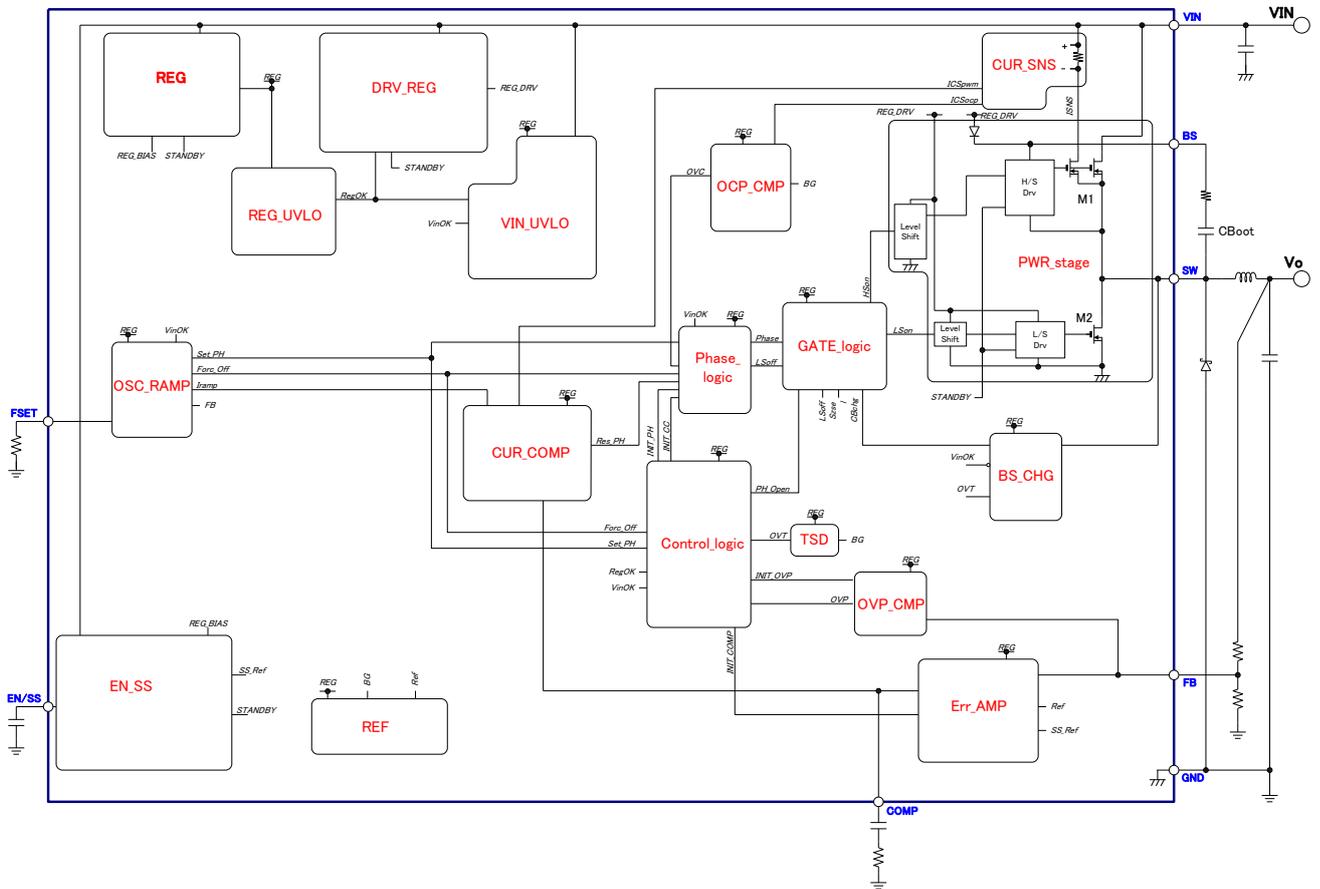
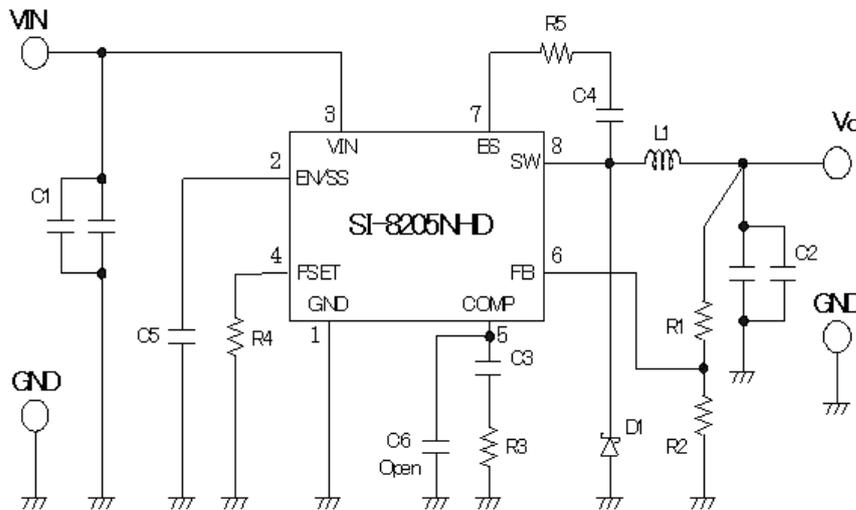


図 1

2-3-② 標準接続図



- C1: 10 μ F/50V \times 2
- C2: 22 μ F/16V \times 2
- C3: 270pF
- C4: 0.1 μ F
- C5: 1 μ F
- チップセラコンは温度特性の
良い物を使用してください。
- L1: 10 μ H
- D1: SJPB-L6 (サンケン製)
- R1: 9k Ω (Vo=5V 設定)
- R2: 1k Ω
- R3: 51k Ω
- R5: 20 Ω ~ 47 Ω

図 2

3. 各端子の説明

● 3-1 端子記号、名称

表 4

端子番号	SI-8205NHD	
	記号	名称
1	GND	グラント [®] 端子
2	EN/SS	ソフトスタート端子 (ON/OFF 端子)
3	VIN	入力端子
4	FSET	周波数設定端子
5	COMP	位相補正用端子
6	FB	基準電圧端子
7	BS	ハイイト [®] 用ブースト [®] 端子
8	SW	スイッチング出力端子

● 3-2 端子機能説明

- GND (端子番号 1) :
グラント端子です。
- EN/SS (端子番号 2) :
出力の ON/OFF 制御端子。また、コンデンサを接続し出力電圧をソフトスタートさせることができます。
- VIN (端子番号 3) :
IC の入力電圧です。
- FSET (端子番号 4) :
周波数を可変させるための端子です。
- COMP (端子番号 5) :
ループを安定に制御するための位相補正用端子です。
- FB (端子番号 6) :
出力電圧設定用の端子です。R1、R2 で出力電圧を設定します。
- BS (端子番号 7) :
ハイイトスイッチ Nch-MOS のゲート駆動用の内部電源です。SW 端子と BS 端子間に 10 nF 以上のコンデンサを接続し、ハイイト Nch-MOS を駆動させます。
- SW (端子番号 8) :
出力にパワーを供給するスイッチング出力端子です。

4. SI-8205NHD/の動作説明

● 4-1 PWM出力制御

SI-8205NHD は、電流制御と電圧制御の2系統の帰還ループとスロープ補正を行う3つのブロックで構成され、電圧制御帰還では出力電圧をPWM制御に帰還するループとなり、SI-8205NHDでは出力電圧の抵抗分割を基準電圧0.5Vで比較するエラーアンプで構成されています。電流制御帰還ではインダクタ電流をPWM制御に帰還するループであり、センスMOSを使用して分流されたインダクタ電流をカレントセンスアンプで検出を行っています。また、スロープ補正では電流制御方式の特性上、サブハーモニック発振を回避するため電流制御スロープに対してスロープ補正を行っています。図5に示すように、SI-8205NHDでは、電圧制御帰還、電流制御帰還、スロープ補正の信号を演算することで、電流制御方式によるPWM制御を行っています。

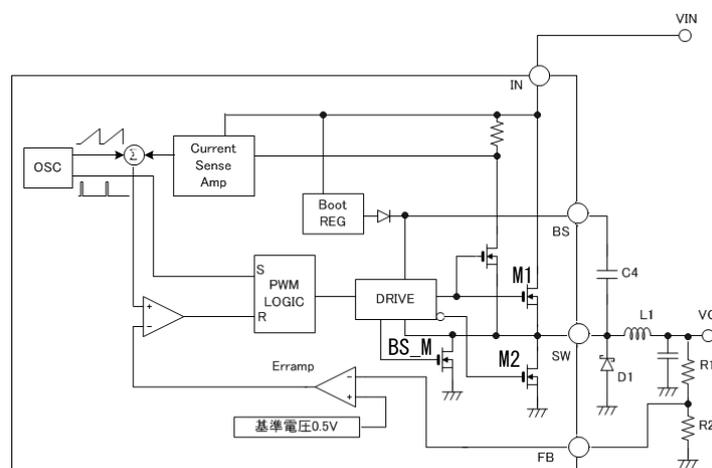


図3 電流制御PWM制御チョッパ型レギュレータ基本構成

SI-8205NHDは電流制御のレギュレータのため、COMP端子の電圧はインダクター電流のピーク値に比例します。UVLOが解除された時や、EN/SS端子が閾値を超えた時に、スイッチング動作します。最初は、MIN_ONデューティもしくはMAX_ONデューティでスイッチング動作します。ハイサイドスイッチ(M1、以下M1と示す。)は出力にパワーを供給するスイッチングMOSで、BSコンデンサチャージ用スイッチ(BS_M、以下BS_Mと示す。)はM1を駆動させるためのブースト用コンデンサC4をチャージします。M1:ON時において、SW端子とインダクターに電圧が印加されることにより、インダクター電流が増加し、それを検出する電流検出アンプの出力も上昇します。この電流検出アンプの出力とRamp補正信号とが加算された信号と、誤差増幅器の出力が、電流比較器(CUR_COMP)で比較されます。加算された信号が、誤差増幅器の出力(COMP端子電圧)を超えた時に、電流コンパレータの出力が“H”となり、RSフリップフロップがリセットされます。そして、M1がOFFし、ローサイドスイッチ(M2、以下M2と示す。)がONします。それにより、回生電流がM2及び外付けSBD(D1)を通して流れます。SI-8205NHDでは毎周期にセット信号が発生し、RSフリップフロップがセットされます。また、

加算された信号が COMP 端子電圧を超えなかった場合、10%OFF Duty 回路の信号により、RS フリップフロップが必ずリセットされます。

● 4-2 過電流・過熱保護

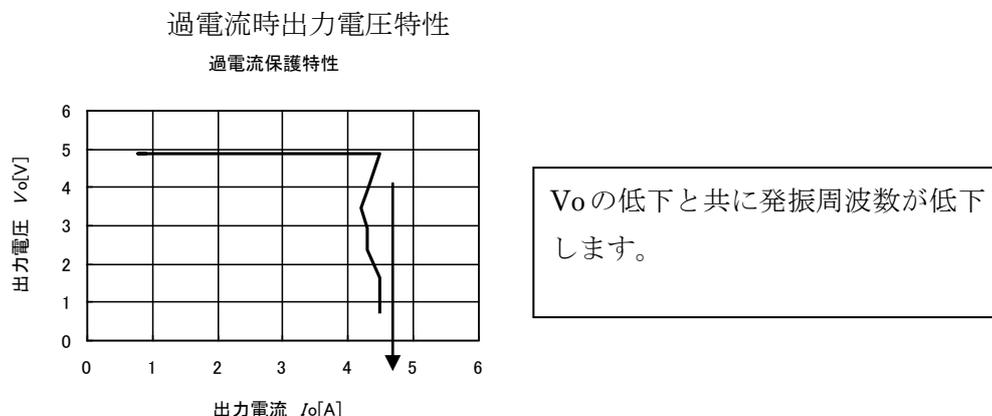


図 4

SI-8205NHD は、垂下型過電流保護回路を内蔵しています。過電流保護回路はスイッチングトランジスタのピーク電流を検出し、ピーク電流が設定値を超えると強制的にトランジスタのON時間を短縮させて出力電圧を低下させ電流を制限しています。更に出力電圧が低下しますとスイッチング周波数を低下させること事で低出力電圧時の電流増加を防止しています。過電流状態が解除されると出力電圧は自動的に復帰します。

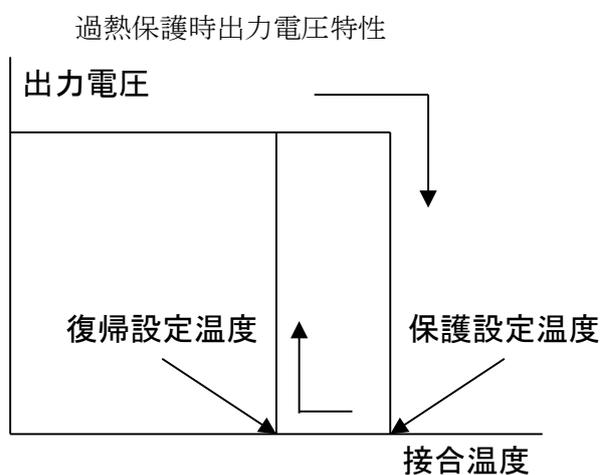


図 5

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(約 150°C)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 10°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。

5. 使用に際しての注意事項

● 5-1 外付部品選定上の注意

5-1-① チョークコイルL1

チョークコイルL1は、チョップパ型スイッチングレギュレータの中心的役割を果たしています。レギュレータ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事

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ご使用を避けて下さい。

b) サブハーモニック発振の回避

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

図6はサブハーモニック発振を回避するためのインダクタンスL値選定範囲を示した図です。尚、インダクタンスLの上限については、入出力条件、負荷電流によって変わることがあるため、目安としての値になります。

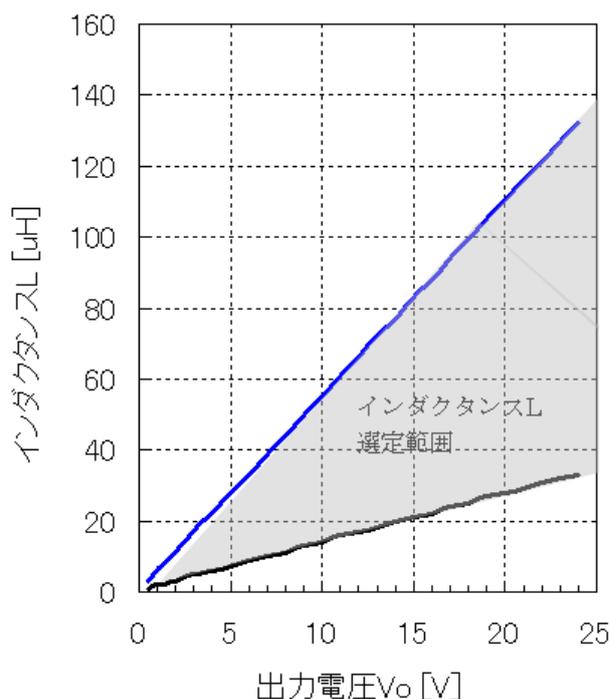


図6 インダクタンスL値選定範囲

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

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

$$ILp = \frac{\Delta IL}{2} + I_{out} \quad \text{--- (B)}$$

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

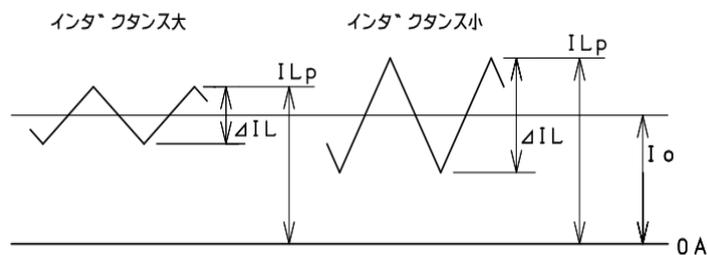


図 7

c) 定格電流を満足する事

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) ノイズが少ない事

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事があります。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でも、SI-8205NHDの近くにレイアウトされていなければ入力コンデンサは平滑コンデンサと兼用とする事が出来ません。

C1選定のポイントとして次の事が挙げられます。

- a) 耐圧を満足する事
- b) 許容リップル電流値を満足する事

C1の電流の流れ

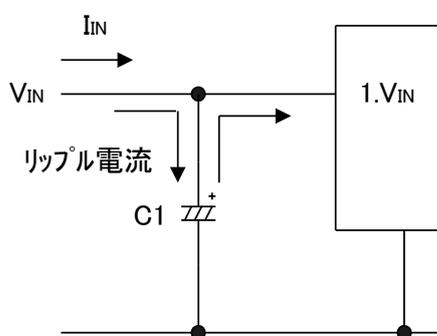


図8

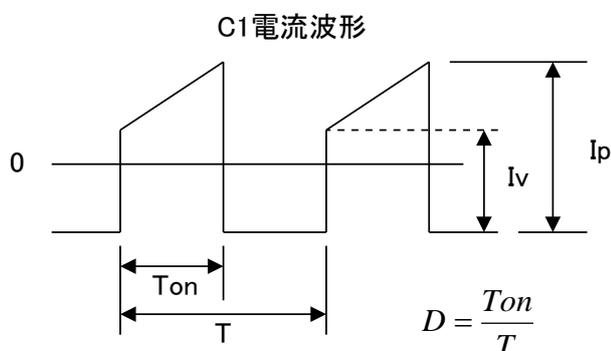


図9

入力コンデンサのリップル電流は負荷電流の増加に伴って増大する。

これら耐圧や許容リップル電流値を、オーバーしたりディ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。尚、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(2)式で求められます。

$$I_{rms} \approx 1.2 \times \frac{V_o}{V_{in}} \times I_o \quad \text{--- (2)}$$

例えば $V_{IN}=20V$, $I_o=3A$, $V_o=5V$ とすると、

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

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

5-1-③ 出力コンデンサC2

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

出力コンデンサC2は、チョークコイルL1と共にLCローパスフィルタを構成し、スイッチング出力の平滑コンデンサとして機能しています。出力コンデンサにはチョークコイル電流の脈流部 ΔIL と等しい電流が充放電されています。従って入力コンデンサと同様に、耐圧及び許容リップル電流値を十分なマージンを取った上で満足する必要があります。

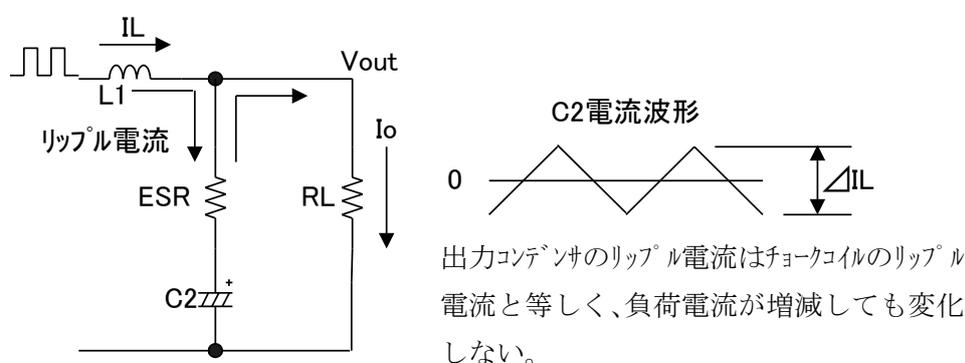


図10 C2の電流の流れ

出力コンデンサのリップル電流実効値は、下記の(3)式で求められます。

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

例えば ΔIL を0.5Aとしますと、

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

となり、許容リップル電流が0.14A以上のコンデンサが必要になります。

又、レギュレータの出力リップル電圧 V_{rip} は、チョークコイル電流の脈流部 ΔIL (=C2充放電電流)と出力コンデンサC2の等価直列抵抗ESRの積によって定まります。

$$V_{rip} = \Delta IL \cdot C2ESR \quad \text{--- (4)}$$

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

ここで $\Delta IL=0.5A$ $V_{rip}=40mV$ としますと、

$$C_{2esr} = 40 \div 0.5 = 80m\Omega$$

となり、ESR が $80m\Omega$ 以下のコンデンサを選べば良い事になります。また ESR は温度によって変化し一般に低温になると増加しますので、使用温度における ESR を確認する必要があります。尚 ESR 値はコンデンサ固有のものでコンデンサメーカーにお問い合わせ下さい。

5-1-④ フライホイールダイオード・D1

SI-8205NHD では入出力・負荷条件によって非同期・同期整流の切替機能があります。非同期で動作する場合があるため、フライホイールダイオードD1を外付けに接続することを推奨致します。

フライホイールダイオードD1は、スイッチングオフ時にチョークコイルに貯えられたエネルギーを放出させる為の物です。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。又SI-8205NHDシリーズのSW端子(8番端子)から出力された電圧は入力電圧とほぼ同等である為、フライホイールダイオードの逆方向耐圧が入力電圧以上あるものをご使用下さい。

フライホイールDiにはフェライトビーズは入れないでください。

5-1-⑤ 位相補正素子 C3、C6、R3

ループの安定性と応答性は、COMP 端子を通して、制御されます。COMP 端子は、内部のトランスコンダクタンスアンプの出力です。

直列なコンデンサと抵抗との組み合わせが、制御システムの特性を決めるポールとゼロの組み合わせをセットします。電圧帰還ループの DC 利得は、次の式によって計算できます。

$$A_{dc} = R_l \times G_{cs} \times A_{EA} \times \frac{V_{FB}}{V_{out}}$$

ここで、 V_{FB} はフィードバック電圧 (0.5V) です。AEA は誤差増幅器の電圧ゲイン、 G_{cs} は電流検出のトランスコンダクタンスで、そして R_l は負荷抵抗値です。

2つの重要なポールがあります。一つは、位相補正コンデンサ (C3) と誤差増幅器の出力抵抗とによって生じます。

もう一つは、出力コンデンサと負荷抵抗によって生じます。これらのポールは、下記の周波数に現れます。

$$fp1 = \frac{G_{EA}}{2\pi \times C3 \times A_{EA}}$$

$$fp2 = \frac{1}{2\pi \times C2 \times R_l}$$

ここで、 G_{EA} は誤差増幅器のトランスコンダクタンスです。このシステムは、一つのゼロが重要です。それは、位相補正コンデンサ C3 と位相補正抵抗 R3 によって生じます。

そのゼロは、下記の周波数に現れます。

$$fz1 = \frac{1}{2\pi \times C3 \times R3}$$

もし、出力コンデンサが大きいかつ・あるいは ESR が大きい場合は、このシステムは、重要な別のゼロを持つ場合があります。このゼロは、出力コンデンサの ESR と容量によって生じます。

そして、下記の周波数に存在します。

$$f_{ESR} = \frac{1}{2\pi \times C2 \times RESR}$$

この場合、位相補正コンデンサ (C6) と位相補正抵抗 (R3) とでセットされる 3 番目のポールが、ループゲイン上の ESR ゼロの効果を補正するために使われます。

このポールは下記の周波数で存在します。

$$fp3 = \frac{1}{2\pi \times C6 \times R3}$$

位相補正の設計の目標は、望んだループゲインを得るためのコンバータ伝達関数を形作ることです。帰還ループが単一ゲインを持つところのシステムクロスオーバー周波数が、重要です。より低いクロスオーバー周波数は、より遅いラインとロードトランジェントを生じます。一方、より高いクロスオーバー周波数、システムの不安定性を生じることがあります。良い標準は、スイッチング周波数の 1/10 以下のクロスオーバー周波数にセットすることです。最適な位相補正素子の選定を、下記に示します。

1. 位相補正抵抗 (R3) を希望するクロスオーバー周波数にセットするために選択します。
R3 の計算は下記の式で行います。

$$R3 = \frac{2\pi \times C2 \times fc}{GEA \times GCS} \times \frac{Vout}{VFB} < \frac{2\pi \times C2 \times 0.1 \times fs}{GEA \times GCS} \times \frac{Vout}{VFB}$$

ここで、fc は希望するクロスオーバー周波数です。

それは、通常スイッチング周波数 (fs) の 1/10 以下にします。

2. 希望する位相余裕を達成するために位相補正コンデンサ (C3) を選択します。
代表的なインダクタンス値をもつアプリケーションに対して、クロスオーバー周波数の 1/4 以下の補正ゼロをセットすることは、十分な位相余裕を供給します。
C3 は次の式で計算できます。

$$C3 > \frac{4}{2\pi \times R3 \times fc}$$

R3 は、位相補正抵抗です。

3. セカンド補正コンデンサ C6 が必要かどうかの決定は、必要です。
もし出力コンデンサの ESR ゼロがスイッチング周波数の半分より小さいところに存在した場合は、必要となります。つまり、下記の式がなりたった場合です。

$$\frac{1}{2\pi \times C2 \times RESR} < \frac{fs}{2}$$

もしこの場合は、セカンド補正コンデンサ C6 を追加し、ESR ゼロの周波数 fp3 をセットします。C6 は次の式から求めます。

$$C6 = \frac{C2 \times RESR}{R3}$$

出力コンデンサにセラミックコンデンサ・アルミ電解コンデンサを使用した場合の各出力設定電圧に対する定数を以下の表に示します。

インダクタLについては 5-1-① チョークコイルL1 を参照して選定して下さい。
(図6 インダクタンスL値選定範囲を参照)

表5. 出力にセラミックコンデンサを使用した場合

Vout [V]	L [uH]	Cout[uF] (セラミックコンデンサ)	fc=50kHz			fc=20kHz		
			R3 [kΩ]	C3 [pF]	C6 [pF]	R3 [kΩ]	C3 [pF]	C6 [pF]
1.2	2.0~10	22 x 2	12	1000	No	4.7	6800	No
1.8	3.0~10	22 x 2	18	680	No	7.3	4700	No
3.3	6.8~16	22 x 2	33	330	No	13	3300	No
5	8.2~22	22 x 2	51	220	No	20	1800	No
12	22~68	22 x 2	124	100	No	47	680	No

表6. 出力にアルミ電解コンデンサを使用した場合

Vout [V]	L [uH]	Cout[uF]/ ESR[mΩ] (アルミ電解コンデンサ)	fc=50kHz			fc=20kHz		
			R3 [kΩ]	C3 [pF]	C6 [pF]	R3 [kΩ]	C3 [pF]	C6 [pF]
1.2	2.0~10	220/100	62	220	470	24	1500	1000
1.8	3.0~10	220/100	91	180	330	36	1000	680
3.3	6.8~16	220/100	160	100	180	68	470	330
5	8.2~22	220/100	240	100	100	100	330	220
12	22~68	220/100	620	100	100	240	150	100

● 5-2 パターン設計上の注意

5-2-① 大電流ライン

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

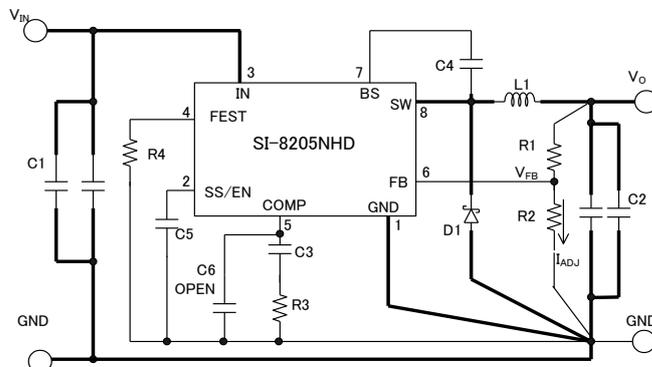


図 11 回路図

5-2-② 入出力コンデンサ

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

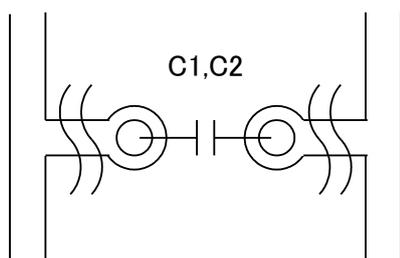


図 12 悪いパターン例

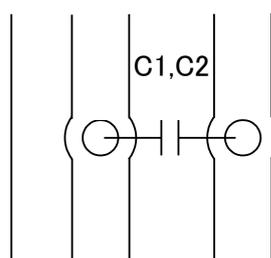


図 13 良いパターン例

5-2-③ FB 端子 (出力電圧設定について)

FB 端子は出力電圧を制御する為のフィードバック検出端子です。出来る限り出力コンデンサ C 2 に近い所に接続して下さい。遠い場合、レギュレーションの低下、スイッチングリップルの増大により異常発振の原因となる事がありますのでご注意ください。

R1 及び R2 を接続する事で出力電圧の設定が可能です。

IFB が約 0.5mA になるように設定ください。

(IFB は下限 0.5mA で考え、上限は特に制限はありませんが、消費電流が増える方向なので効率低下になりますのでご注意ください。

R1、R2、出力電圧は次式で求められます。

$$I_{FB} = V_{FB} / R2 \quad *V_{FB} = 0.5V \pm 1\%$$

$$R1 = (V_o - V_{FB}) / I_{FB} \quad R2 = V_{FB} / I_{FB}$$

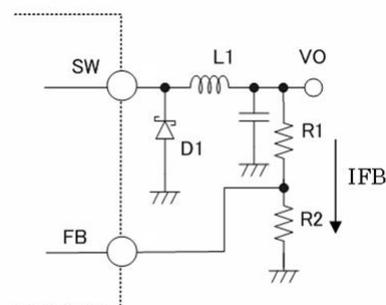


図 14

$$V_{out} = R1 \times (V_{FB} / R2) + V_{FB}$$

- ・ $V_o = 0.5V$ に設定する際も、安定動作の為 $R2$ は接続ください。
- ・ 入出力電圧の関係については、SW 端子のオン幅がおおよそ 200nsec 以上になるような設定を推奨致します。

- COMP 端子、FB 端子及び R1、R2 の配線はフライホイール Di と並走する配線はしないでください。スイッチングノイズが検出電圧に干渉し異常発振する場合があります。特に FB 端子から R2 の配線は短く設計する事を推奨致します。

● 実装基板パターン例

面実装タイプ (SI-8205NHD)

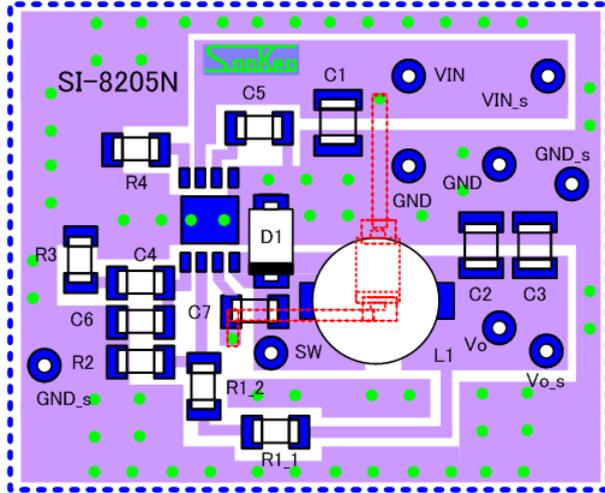


図 15 表面：部品面 (両面基板)

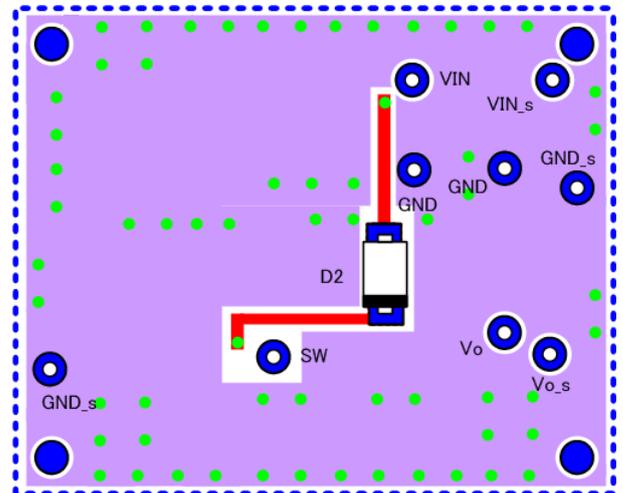


図 16 裏面：GND面 (両面基板)

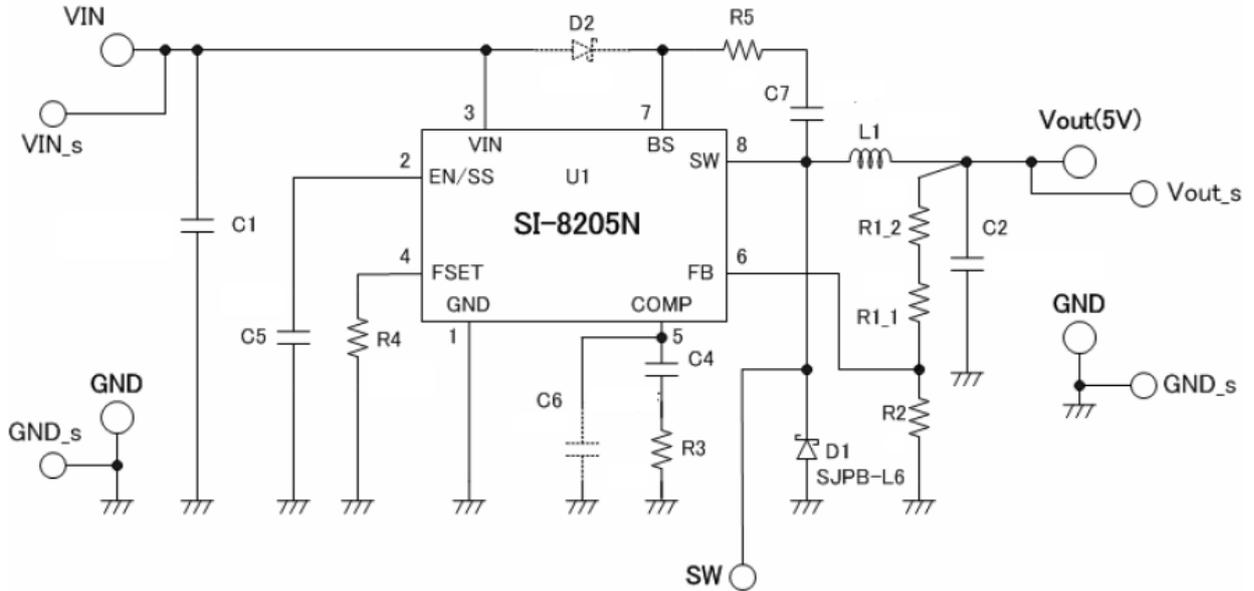


図 17 パターン回路図

5-3 電源の安定性

チョッパ型レギュレータの位相特性は、レギュレータ IC 内部の位相特性と出力コンデンサ C_{out} ・負荷抵抗 R_{out} の合成になります。レギュレータ IC 内部の位相特性は、一般的には制御部の遅れ時間と出力誤差増幅器の位相特性で定まります。この内、制御部の遅れ時間による位相遅れは、実使用上はほとんど問題になる事はありません。従って出力誤差増幅器の位相特性が重要になります。出力誤差増幅器の位相特性の補正については、IC 外部に抵抗やコンデンサの外付け部品を接続して位相補正を行います。

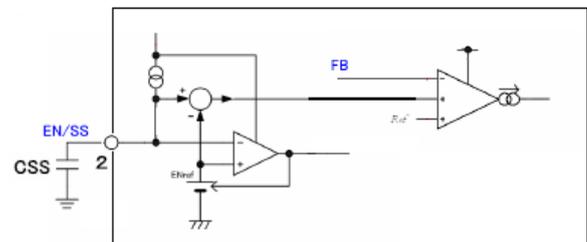
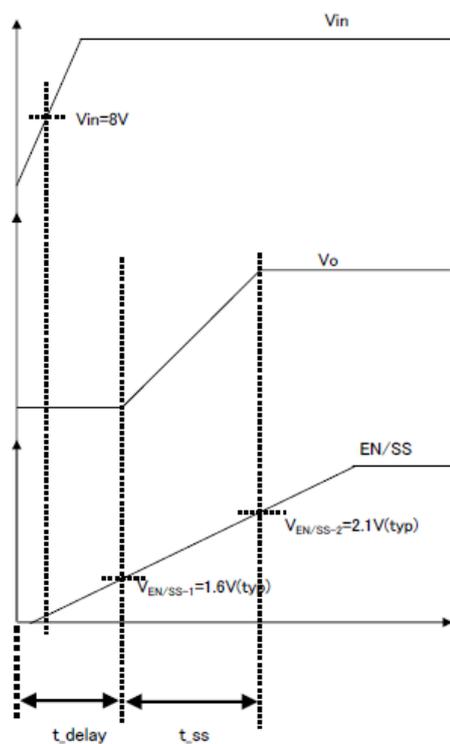
4-1-⑤ 位相補正素子 C3、C6、R3 を参照して下さい。

6. 応用

● 6-1 ソフトスタート

2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。VoutはC_{SS}の充電電圧に相関し立ち上がります。よってC_{SS}充電の時定数計算で概略求まります。

コンデンサC_{SS}はPWM制御のOFF期間をコントロールして立ち上がり時間を制御する為のもので、立ち上がり時間t_{ss}及びデレイ時間t_{delay}は以下の式で概略求まります。



*t_{delay} ⇒ EN/SS電圧 < 1.6V
*t_{ss} ⇒ 1.6V < EN/SS電圧 < 2.1V

使用例 CSS=0.1uFを使用した場合

$$t_{\text{delay}} = C_{\text{EN/SS}} * V_{\text{EN/SS-1}} / I_{\text{EN/SS}} = 0.1\mu\text{F} * 1.6\text{V} / 5\mu\text{A} = 32\text{msec}$$

$$t_{\text{ss}} = C_{\text{EN/SS}} * (V_{\text{EN/SS-2}} - V_{\text{EN/SS-1}}) / I_{\text{EN/SS}} = 0.1\mu\text{F} * 0.5\text{V} / 5\mu\text{A} = 10\text{msec}$$

図 18 ソフトスタート特性

EN/SS端子はIC内部電源にプルアップ(4.5vTYP)されていますので、外部からの電圧印加は出来ません。

C_{SS}がない場合や極端に小さい場合、過電流保護I_sで制限した出力電流で出力コンデンサを充電する時定数で立ち上がります。

出力コンデンサ起動での時定数 $t = (C_o \times V_o) / I_s$ (無負荷時)

*負荷がある状態ではI_s値より負荷電流分が減算されます。

● 6-2 出力の ON・OFF 制御

2番・EN 端子を用いて、出力 ON・OFF 制御が可能です。オープンコレクタ等のスイッチにより、2番端子を V_{CEH} (1.6V TYP) 以下に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 I C 内部でプルアップ (4.5V TYP) 済みですので外部からは電圧を印加しないで下さい。

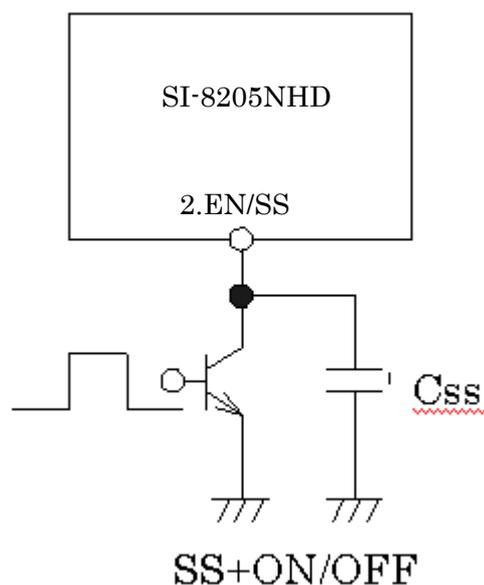
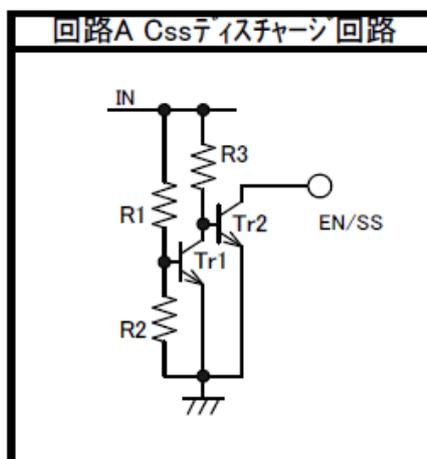


図 19 ON/OFF 制御 2

オンオフ制御用トランジスタ Q1 を接続されない場合、 C_{SS} の放電は V_{in} が低下した時に IN 端子より放電されます。よって V_{in} が低下し V_o の降下後、 V_{in} が完全に低下しきる前に再起動 (V_{in} 上昇) する様な場合、 C_{SS} の放電が行われずソフトスタートが掛からない場合があります。

この様な状況が有る場合、下図の様な放電回路を接続する事で解消可能です。



● 6-3 スパイクノイズの低減

スパイクノイズを低減させるには、SI-8205NHD の出力波形及び、ダイオードのリカバリータイムを、コンデンサで補正する方法 (スバ) がありますが、共に効率が弱冠低下します

ので注意して下さい。

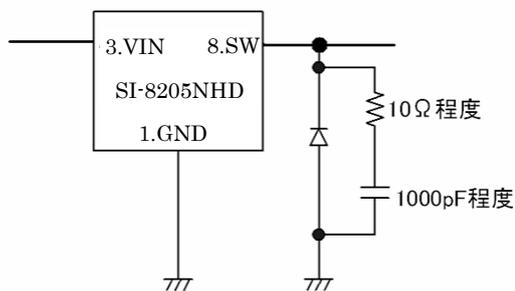


図 2 0 スナバ

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

● 6 - 4 逆バイアス保護

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

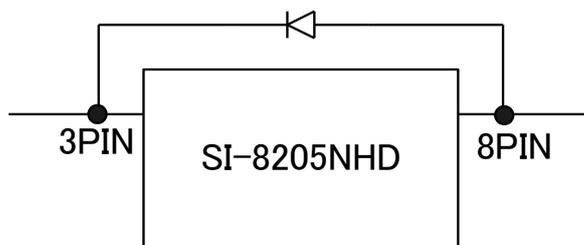


図 2 1 逆バイアス保護用ダイオード

● 6-5 動作周波数

4番端子（FSET 端子）に抵抗を接続すると動作周波数を 200kHz (TYP)～1MHz (TYP) まで設定することができます。図 2 2 は接続する抵抗と動作周波数の関係になります。

周波数と抵抗の関係式は式1～式3になります。

- ・ Typ: $f_o[\text{kHz}] = 75000 / R_{\text{fset}}[\text{k}\Omega]$ …… 式 1
- ・ min: $f_o[\text{kHz}] = 60000 / R_{\text{fset}}[\text{k}\Omega]$ …… 式 2
- ・ max: $f_o[\text{kHz}] = 90000 / R_{\text{fset}}[\text{k}\Omega]$ …… 式 3

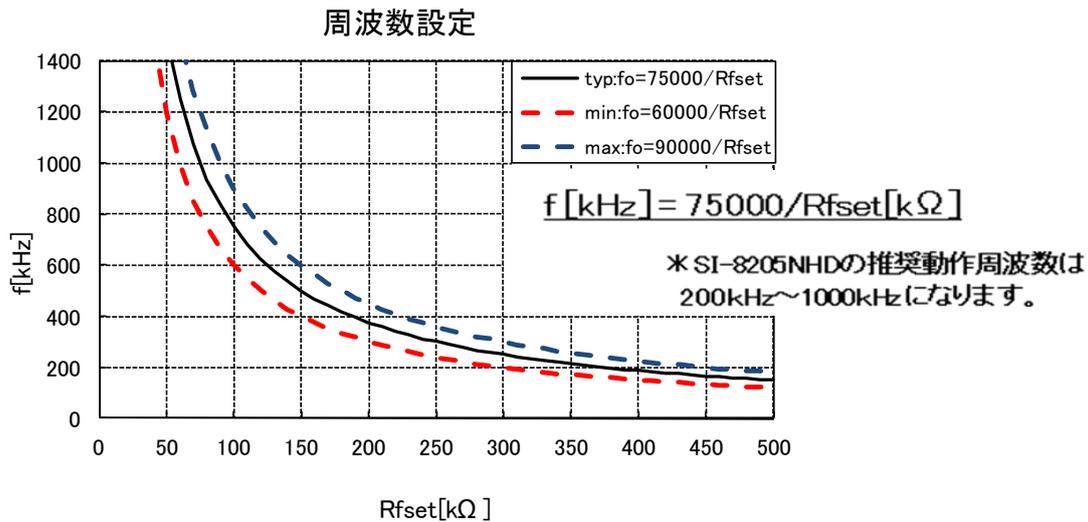


図 2 2 動作周波数特性

6-6 同期・非同期切り替え

SI-8205NHD では、VIN 電圧と I_p 電流（コイルのピーク電流）の関係により、同期整流・非同期の切替をしております。同期・非同期の切り替え特性（VIN- I_p 特性）は図 2 3 のようになります。

同期型の場合は、内蔵されているロースト MOSFET が ON することにより回生電流を流します。非同期型の場合は、内蔵されているロースト MOSFET は OFF しており、外付けの SBD を通して回生電流を流します。

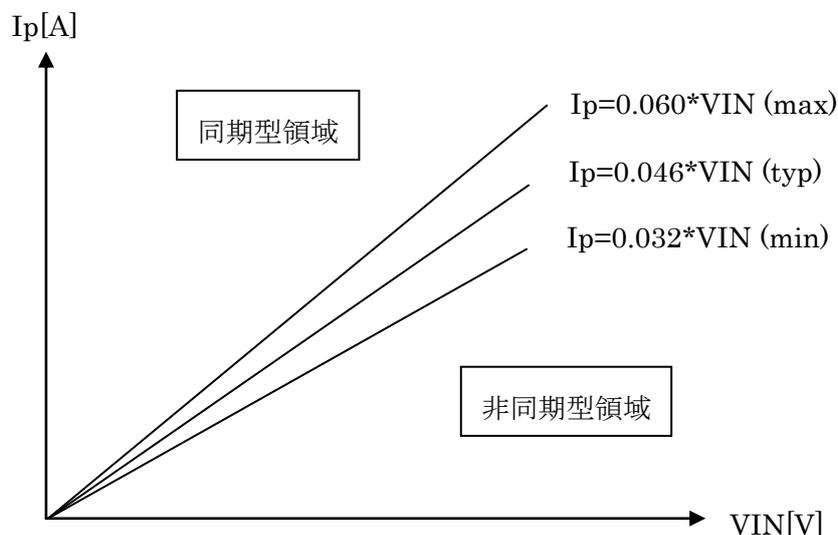


図 2 3 同期・非同期切り替え特性

また、コイルのピーク電流 I_p から出力電流 I_o に換算する場合は以下の計算式となります。

- ・コイル脈流電流

$$\dots \quad \Delta I_L = \frac{V_o}{L \times f} \times \left(1 - \frac{V_o}{V_{IN}}\right)$$

- ・臨界条件（コイル電流連続モードと不連続モードの境界）

$$\dots \text{コイル電流連続モード} : I_o \geq \frac{\Delta I_L}{2}$$

$$\dots \text{コイル不連続モード} : I_o < \frac{\Delta I_L}{2}$$

- ・コイル連続電流モードの場合の出力電流 I_o

$$\dots \quad I_o = I_p - \frac{\Delta I_L}{2}$$

- ・コイル不連続電流モードの場合の出力電流 I_o

$$\dots \quad I_o = \frac{(V_{IN} \times L \times f)}{\{2 \times V_o \times (V_{IN} - V_o)\}} \times I_p^2 = \frac{1}{(2 \times \Delta I_L)} \times I_p^2$$

6-7 軽負荷時・無負荷時の発振周波数について

非同期型モードにおいて（同期型に切り替わるまでの領域）、SI-8205NHD では BS コンデンサをチャージするために内蔵されている MOSFET（BS チャージ MOS と呼ぶ）が最小 ON 時間で動作致します。

この BS チャージ MOS は基本発振周波数の半分（1/2）で動作致します。

図 2 5 は無負荷時～軽負荷時（非同期型モード）の発振波形になります。

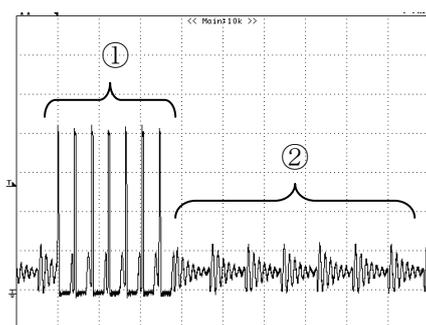


図 2 5 発振波形

①の部分ではハイサイド MOSFET が ON しており、基本発振周波数で動作しております。

②の部分ではハイサイド MOSFET が OFF しており、BS チャージ MOS のみで動作しております。

BS チャージ MOS は①～②を通じて基本発振周波数の半分（1/2）で動作しており、

②の部分で BS チャージ MOS が動作していることが分かります。

（基本発振周波数の 1/2 で動作している。）

- ①の部分での発振周波数は6-5動作周波数に記述されている式1～式3になり、
②の部分での発振周波数は式1～式3の1/2倍になります。

6-8 軽負荷時の動作モードについて

軽負荷時の動作モードは、VIN電圧とコイルのピーク電流の関係により同期モード・非同期モードに切り替わります。（6-6同期・非同期切り替えを参照）

軽負荷時の発振波形は6-7の図25のようになり、SI-8205NHDではパルススキップ（間欠発振）の動作をするような機能は内蔵されておられません。

6-9 HI側/LO側 FET の ON 抵抗及びバラツキについて

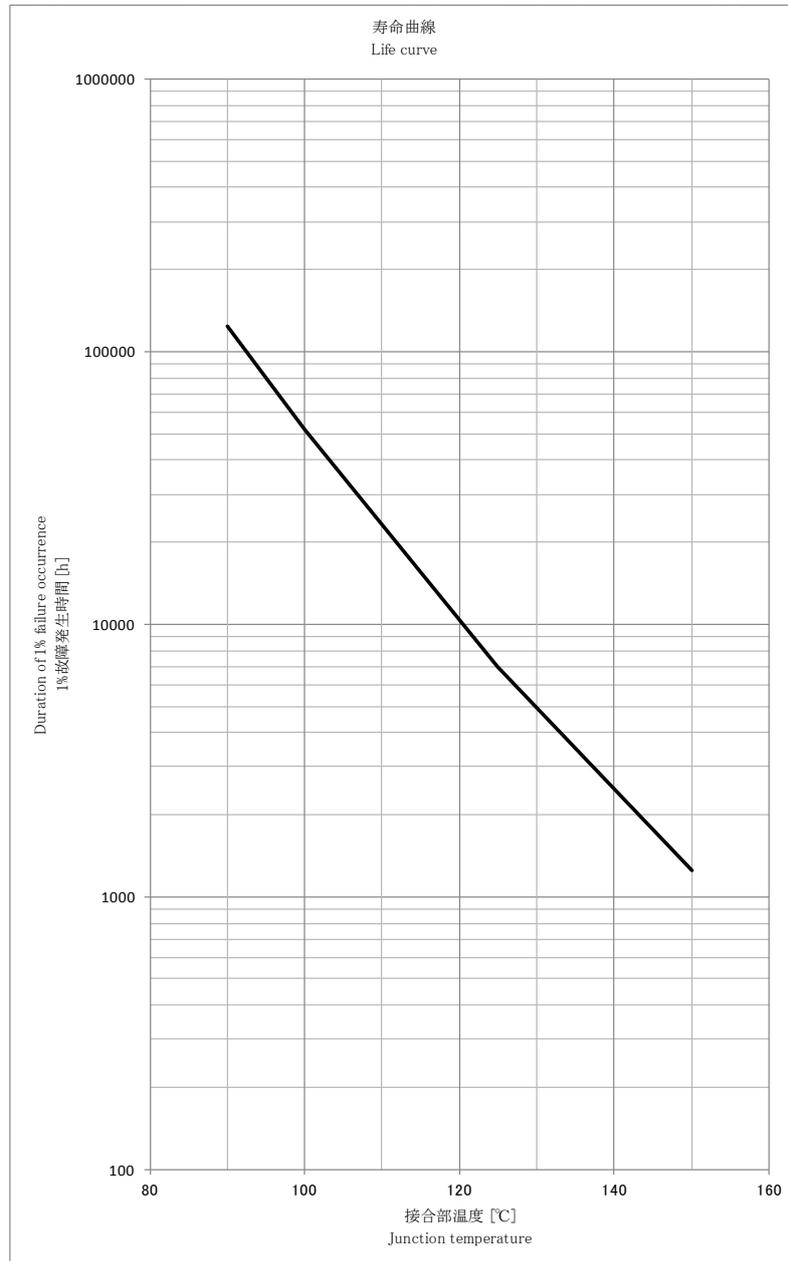
ハイサイド MOSFET ON 抵抗・・・ MIN : 105mΩ TYP : 150mΩ MAX : 195mΩ

ローサイド MOSFET ON 抵抗・・・ MIN : 105mΩ TYP : 150mΩ MAX : 195mΩ

7. 製品寿命について

一般に半導体製品は接合部温度と、製品の寿命に密接な関係があり、高温で使用されるほど寿命は早まる傾向になります。設計の際はセットのライフや稼働時間を考慮し、十分な設計マージンをもった熱設計をお願い致します。

ジャンクション温度と 1%不良発生までの予想寿命曲線を以下に示します。



8. 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（チョップパ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。

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、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。