アプリケーション ノート

表面実装ﾀｲﾌﾟ同期整流型チョッパレギュレータ制御IC

ＳＩ－８５１１ＮＶＳ

Not Recommended for New Designs

第 1 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 ――――――――――― 4

２．製品仕様

２－１　外形図 ――――――――――― 5

２－２　定格 ――――――――――― 5

２－３　回路図 ――――――――――― 7

３．各端子の説明

３－１　端子配列 ――――――――――― 9

３－２　端子機能 ――――――――――― 9

４．SI-8511NVS の動作説明

４－１　オンタイム固定 PWM 電圧制御 ――――――――――― 11

４－２　過電流保護 ――――――――――― 11

５．使用に際しての注意事項

５－１　外付部品選定上の注意 ――――――――――― 12

５－２　パターン設計上の注意 ――――――――――― 16

５－３　動作波形の確認 ――――――――――― 17

５－４　熱設計 ――――――――――― 17

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 ――――――――――― 19

６－４　過電流値設定 ――――――――――― 20

６－５　スパイクノイズの低減 ――――――――――― 20

６－６　動作周波数可変 ――――――――――― 20

６－７　過電圧値設定 ――――――――――― 21

６－８　Power Good 出力 ――――――――――― 21

７．代表特性例 ――――――――――― 22

８．用語解説 ――――――――――― 24

Not Recommended for New Designs

１．概要

SI-8511NVS シリーズは、同期整流型降圧チョッパレギュレータに必要な各種の機能と保護機能を備えたチョッパ型スイッチングレギュレータ制御ＩＣです。外部にロジック Nch-MOS FET やダイオード等を接続することで、高精度高効率の同期整流スイッチングレギュレータを構成することが出来ます。

●１－１　特長

・表面実装ﾀｲﾌﾟで小型

VSOP24 パッケージで非常に小形で薄いパッケージです。

・高効率９３％(Vin=5V,Vo=2.5V, Io=1A)

同期整流方式の降圧チョッパレギュレータを構成できますので、非常に高効率にできます。

・基準電圧精度 ±1.2%

内部基準電圧は 1.1V±1.2%で、非常に高精度です。

・出力電圧は外部抵抗で調整できます。

外付抵抗を２個使い、出力電圧を+1.1V～+6V の範囲で可変できます。

・動作周波数可変

外付抵抗を使うことで、動作周波数を 400KHz～100KHz に可変できます。

・過電流保護

過電流保護を内蔵しています。（自動復帰型）又、外付抵抗でスレシュ値を設定できます。

・出力過電圧保護

出力過電圧保護を内蔵しています。ハイサイド MOS 等の破壊により、出力電圧が設定値を超えた場合、ローサイド MOS を強制的にオンさせ、入力側のヒューズを切断しに行きます。又、外部抵抗で動作電圧値を変更できます。

・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ことが出来ます。

・出力 ON/OFF 機能

Lo/Hi ﾚﾍﾞﾙで出力の ON/OFF 制御を行います。外部 CPU 等で制御可能です。

・Power_Good 出力

出力電圧(Vo)の状態を出力します。

●１－２　主な用途

・ノートパソコン用電源

・ＯＡ機器用電源

・レギュレータ２次側出力電圧安定化

・テレコム用電源

・アミューズメント機器用電源

Not Recommended for New Designs

●１－３　種別

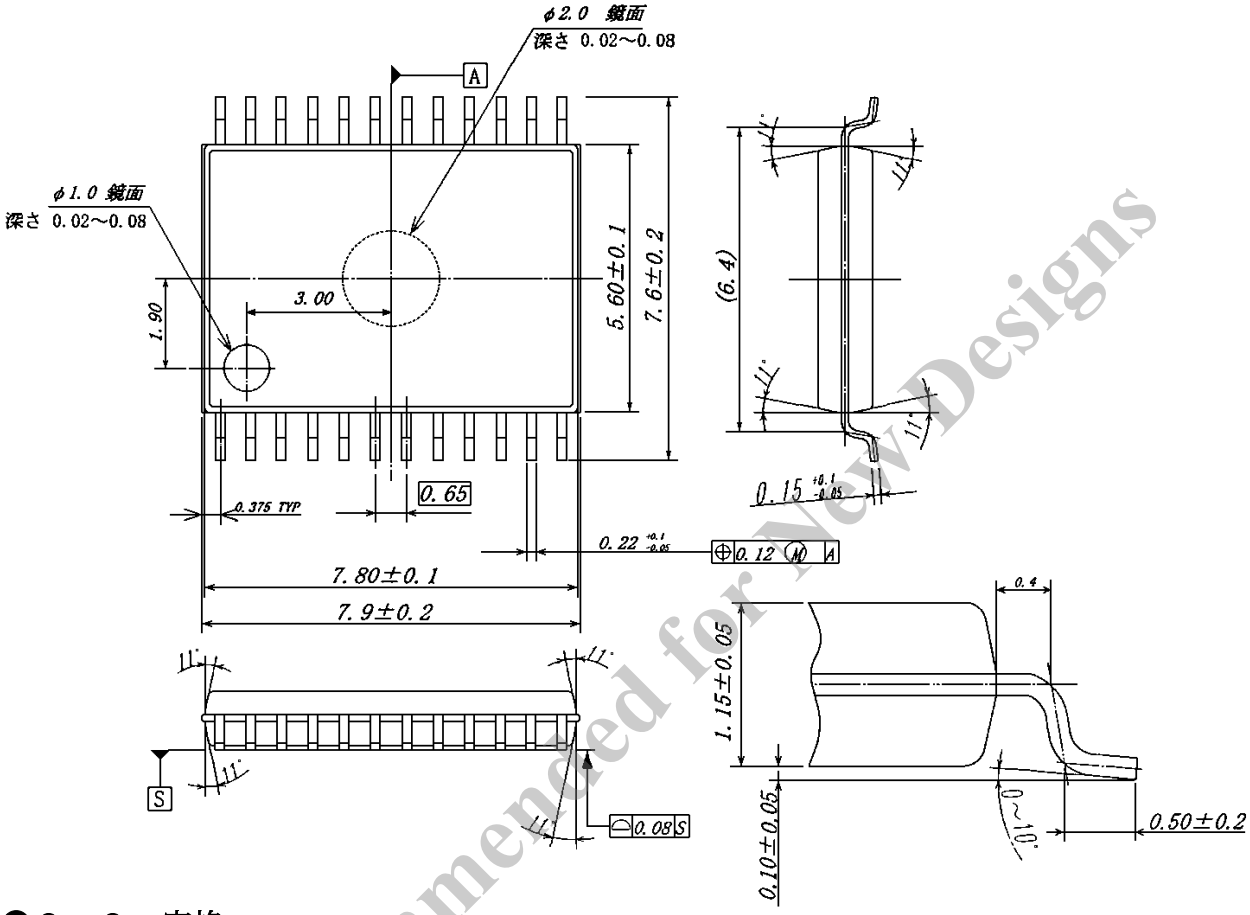
・種別：半導体集積回路（モノリシックＩＣ）

・構造：樹脂封止型（トランスファーモールド）

Not Recommended for New Designs

２．製品仕様

●２－１　外形図(VSOP24)



●２－２　定格

絶対最大定格

項目 Characteristic	記号 Symbol	規格 Ratings	単位 Units
入力電圧(VCC) DC input voltage(VCC pin)	VCC	7	V
入力電圧(VIN) DC input voltage(VIN pin)	VIN	25	V
Boost ﾌﾞﾛｯｸ入力電圧 DC input voltage for Boost Block	VH	30	V
EN 端子入力電圧 EN pin input voltage	Ven	VCC	V
PWRGD 端子印加電圧 PWRGD supply voltage	Vpwrgd	7	V
接合温度 Junction Temperature	Tj	150	℃
保存温度 Storage Temperature	Tstg	-40～+150	℃

*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。

Not Recommended for New Designs

推奨動作条件

項目 Characteristic	記号 Symbol	規格 MIN	 MAX	単位 Unit
入力電圧範囲 1 DC input voltage range 1	VCC	4.5	5.5	V
入力電圧範囲 2 DC input voltage range 2	VIN	3	18	V
出力電圧範囲 Output voltage range 2	Vo	1.1	6	V
動作温度範囲 Operation temperature range	Top	-20	85	℃

*2 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。

電気的特性

(特に指定の無い限り Unless otherwise note Ta=２５℃)

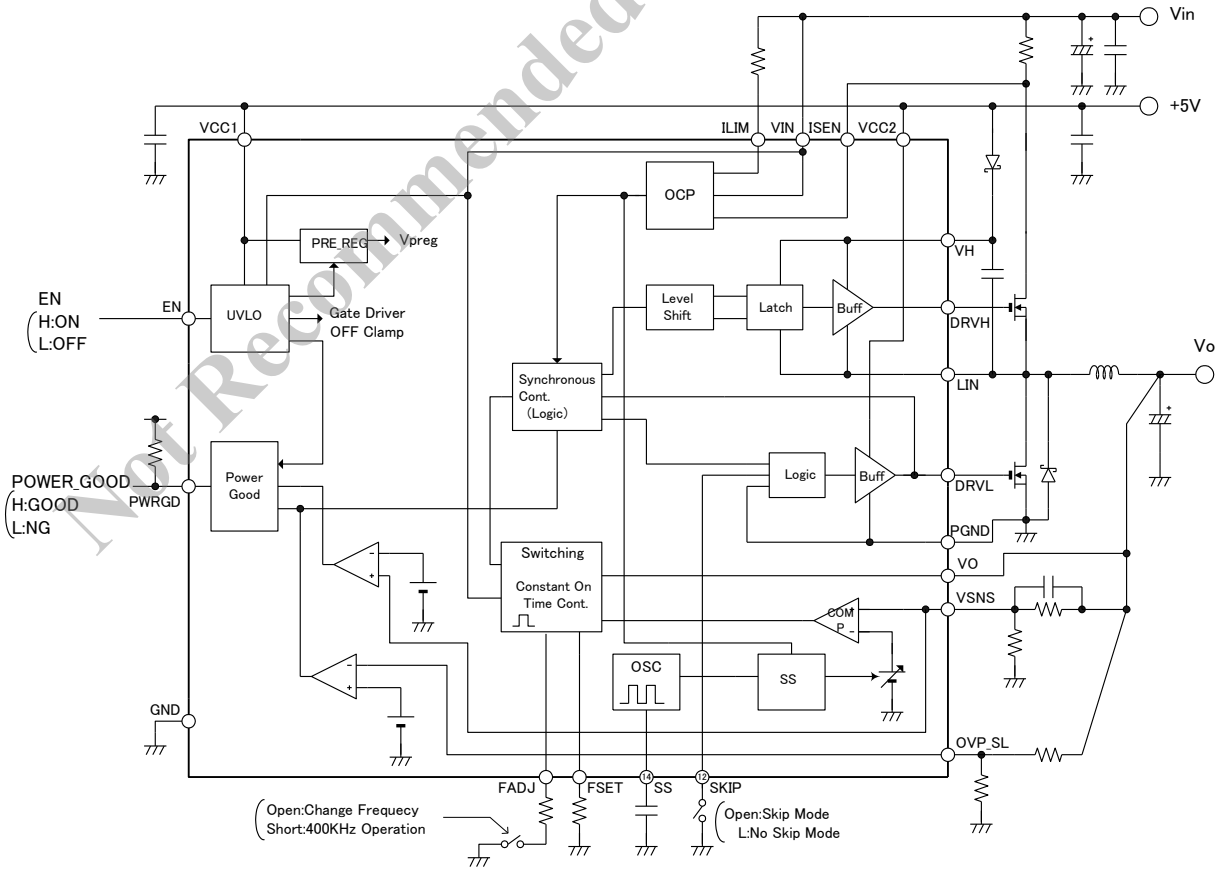
項目 Characteristic	記号 Symbol	規格 Ratings MIN	 TYP	 MAX	単位 Unit	条件 Remark
動特性 loop Characteristic						
出力電圧 Output voltage	Vo	-1.2%	1.1	+1.2%	V	VIN=5V,VCC=5V,VSNS を Vo に接続, Io=0
出力電圧温度係数 Output voltagetemperature coefficient	⊿Vo/⊿T		±0.03		mV/℃	VIN=5V,VCC=5V,Vo=1.1V,Io=0, Ta=0～85℃
回路電流 Current						
回路電流(VCC 端子) Current(VCCterminal)	Iop			6	mA	VCC=5V, EN=H, FADJ:open
回路電流（Vin 端子） Cureent(Vin termikal)	Iop			1	mA	VIN=5V, EN=H
ｽﾀﾝﾊﾞｲ電流 1(VCC 端子) Standby Current(VCC teminal)	Istd1			100	μA	VCC=5V,EN＝L
ｽﾀﾝﾊﾞｲ電流 2(VIN 端子) Standby Current(Vin terminal)	Istd2			50	μA	VIN=5V,EN=L
低入力禁止 UVLO Block						
低入力禁止動作電圧 1(VCC) UVLO starting voltage1(VCC)	Vuvlo1	3.7		4.4	V	VIN=5V
低入力禁止動作電圧 2(Vin) UVLO starting voltage2(Vin)	Vuvlo2	2.5		2.9	V	VCC=5V
ｵﾝﾀｲﾑ制御ﾌﾞﾛｯｸ On Time Control Block						
ｵﾝ時間 On time	Ton		1.27		μS	VCC=5V,VIN=5V,Vo=2.5V
最小ｵﾌ時間 Minimum off time	Toff		0.7		μS	VCC=5V
FSET 端子電圧 FSET pin output voltage	Vref	1.1	1.2	1.3	V	VCC=5V
FSET 端子ｿｰｽ電流 FSET pin source current	Iref			100	μA	VCC=5V
ﾊｲｻｲﾄﾞﾄﾞﾗｲﾌﾞﾌﾞﾛｯｸ Hi_Side Drive Block						
ｵﾝ抵抗(ﾊｲ側) ON Resistance(Pull-Up)	Ron		5.5		Ω	VH-VLIN=5V
ｵﾝ抵抗(ﾛｰ側) ON Resistance(Pull-Down)	Ron		5.5		Ω	VH-VLIN=5V
ﾛｰｻｲﾄﾞﾄﾞﾗｲﾌﾞﾌﾞﾛｯｸ Lo_Side Drive Block						
ｵﾝ抵抗(ﾊｲ側) ON Resistance(Pull-Up)	Ron		5.5		Ω	VCC=5V
ｵﾝ抵抗(ﾛｰ側) ON Resistance(Pull-Down)	Ron		5.5		Ω	VCC=5V
ﾌﾞｰﾄｽﾄﾗｯﾌﾟﾌﾞﾛｯｸ Bootstrap Block						
ﾌﾞｰﾄｽﾄﾗｯﾌﾟ電圧 Bootstrap Voltage	VH-VLIN	4.5	5	5.5	V	

Not Recommended for New Designs

項目 Characteristic	記号 Symbol	規格 Ratings Min	Typ	Max	単位 Unit	条件 Remark
保護系ﾌﾞﾛｯｸ Protection Block						
電流制限検出用電流 Reference Current	Ilim	90	100	110	μA	VCC=5V, VIN=5V
ｿﾌﾄｽﾀｰﾄ端子電流 Soft Start pin current	Iss		±20		μA	VCC=5V
EN ﾛｰﾚﾍﾞﾙ電圧 EN Input Low Voltage	Vcelo	0		0.8	V	VCC=5V
EN ﾊｲﾚﾍﾞﾙ電圧 EN Input High Voltage	Vcehi	2.4		VCC	V	VCC=5V
EN ﾊﾞｲｱｽ電流 EN Bias Current	ICE			5	μA	VCC=5V, EN=5V
OVP 動作電圧(ﾊｲ側) OVP operation Voltage	Vsns		1.32		V	VCC=5V
PWRGD Good 電圧(ﾛｰ側) PERGD Trip Threshold	Vsns		0.88		V	VCC=5V
PWRGD ﾛｰ出力電圧 PERGD Low level Vlotage	Vpwrgd			0.4	V	VCC=5V, Ipergd=120μA
PWRGD 端子電流 PWRGD pin current	Ipwrgd			120	μA	VCC=5V, Vpwrgd=0.4V
PWRGD 漏れ電流 PERGD leakage Current	Ipwrgd			5	μA	Vpwrgd=5V

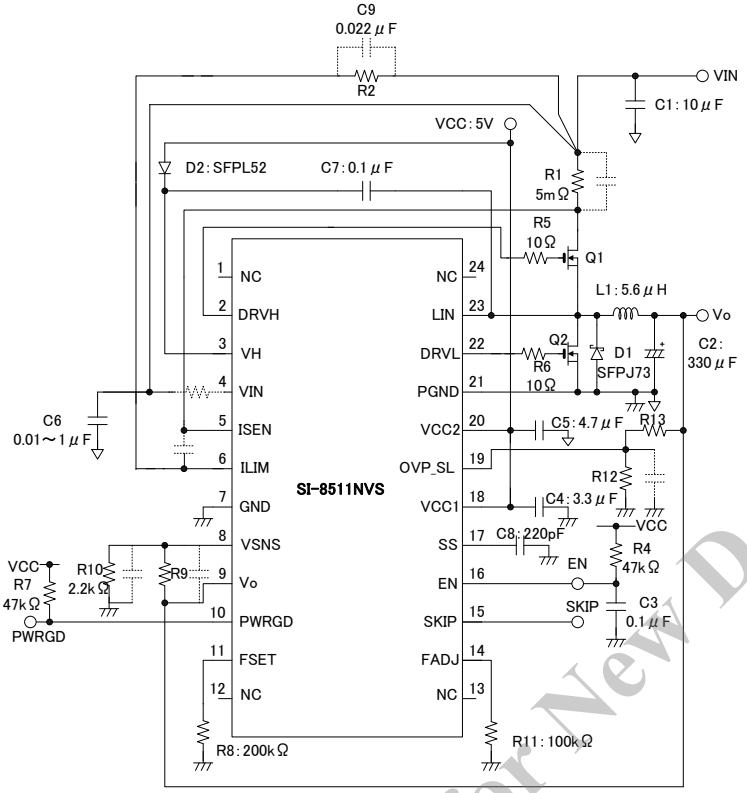
● ２－３　回路図

ブロックダイヤグラム



Not Recommended for New Designs

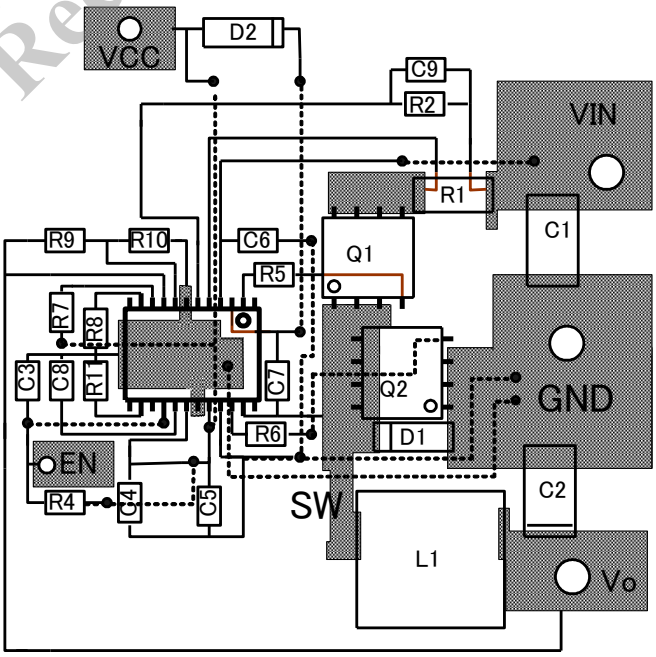
応用回路例



主要部品一覧表

部品番号	部品名	メーカー
Q1	N-ch MOS FET　IRF7807	IR
Q2	N-ch MOS FET　IRF7807	IR
L1	インダクター 10μH　SLF12575-5R6N6R3	TDK
D1	ﾌｧｰｽﾄﾘｶﾊﾞﾘｰﾀﾞｲｵｰﾄﾞ 1A　SFPL-52	SANKEN
D2	ｼｮｯﾄｷｰﾀﾞｲｵｰﾄﾞ 3A　SFPJ-73	SANKEN
C1	ｾﾗﾐｯｸｺﾝﾃﾞﾝｻｰ 10μF/25V　GRM43-2X7R106K25	村田製作所
C2	機能性高分子ﾀﾝﾀﾙｺﾝﾃﾞﾝｻ 330μF/6.3V　PSLD0J337M	NEC

部品レイアウト案



Not Recommended for New Designs

３．各端子の説明

●３－１　端子配列

端子番号	端子名称	機能／説明
1	NC	未接続端子
2	DRVH	ﾊｲｻｲﾄﾞﾄﾞﾗｲﾌﾞ端子
3	VH	Boot Strap コンデンサ接続端子
4	VIN	入力電圧端子(ﾊﾟﾜｰ系)
5	ISEN	過電流検出抵抗接続端子
6	ILIM	過電流値設定用抵抗接続端子
7	GND	アナロググランド端子
8	VSNS	出力電圧検出端子
9	VO	出力電圧入力端子
10	PWRGD	ﾊﾟﾜｰｸﾞｯﾄﾞ端子
11	FSET	動作周波数設定端子
12	NC	未接続端子
13	NC	未接続端子
14	FADJ	動作周波数調整端子
15	SKIP	SKIP モード選択端子
16	EN	ﾁｯﾌﾟｲﾈｰﾌﾞﾙ端子
17	SS	ソフトスタート端子
18	VCC1	入力電圧端子(制御系)
19	OVP_SL	過電圧検出端子
20	VCC2	入力電圧端子(ﾛｰｻｲﾄﾞﾄﾞﾗｲﾌﾞ系)
21	PGND	ﾊﾟﾜｰｸﾞﾗﾝﾄﾞ端子
22	DRVL	ﾛｰｻｲﾄﾞﾄﾞﾗｲﾌﾞ端子
23	LIN	ｽｲｯﾁﾝｸﾞ端子
24	NC	未接続端子

●３－２　端子機能

１・VCC1 と VCC2 端子

+5V 入力端子です。VCC1 は SI-8511NVS の内部電源や制御回路用の電源端子です。また VCC2 は、ﾛｰｻｲﾄﾞﾄﾞﾗｲﾌﾞ回路用の電源端子です。VCC2 にはスイッチングノイズが多くのりますので、VCC１に影響を与えないように注意してください。

２・VIN 端子

外部メイン電圧の入力端子です(3V～18V)。VIN 端子は、周波数の設定や過電流保護回路に使われております。スイッチングノイズが悪影響しないように注意してください。

３・EN 端子

SI-8511NVS のオン・オフ制御端子です。VCC が５V の時、EN 端子を H(2.4V 以上)にすることで、出力がオンし、L(0.8V 以下)にすることで出力がオフします尚、CMOS ロジック入力ですのでフローティングにせずに H か L に必ず固定してください。

Not Recommended for New Designs

４・PWRGD 端子

PWRGD 端子は、ｵｰﾌﾟﾝﾄﾞﾚｲﾝ出力となっています。またｼﾝｸ能力は 120μA(Max)です。外部で電源にﾌﾟﾙｱｯﾌﾟしてください。また、PWRGD 信号は出力電圧 Vo（正確には VSNS の電圧）の状態を示します。VSNS 電圧が 0.88V 以下の時は L、VSNS 電圧が 0.88V～の時には H を出力します。但し、OVP_SL 端子が、1.32V 以上になると L を出力し、その状態を保持します。

５・FADJ 端子

動作周波数選択端子です。FADJ 端子を 100KΩ程度抵抗で GND と接続すれば、最大周波数 400KHz 固定モードになります。また、FADJ 端子を OPEN にすると動作周波数可変モードとなります。その場合は、FSET 端子に接続する抵抗値によって動作周波数を変更することが出来ます。FSET 端子に 200KΩを接続すれば、周波数 250KHz 程度に設定されます。

６・FSET 端子

1.2VDC 出力端子です（ソースのみ）。SI-8511NVS が動作周波数可変モードになった時、FSET 端子に接続する抵抗によって動作周波数を変更できます。また、ソースできる電流は最大 100μA です。

７・SS 端子

SS 端子に接続されたコンデンサにより、専用 OSC の周波数を変化させることで、ソフトスタート時間を設定できます。

８・ISEN 端子

過電流値検出端子です。電流検出用抵抗の片側を接続します。

９・ILIM 端子

過電流値設定端子です。ILIM に流れ込む電流は、100μA に設定されています。この電流と Vin 間との接続する抵抗によって生じる電圧降下が、過電流値のスレシュの基準となります。

１０・VH 端子

ブートストラップ用の入力電圧端子です。外部コンデンサとダイオードを標準接続回路に従って接続してください。

１１・DRVH 端子

ハイサイド MOS のドライブ端子です。

１２・DRVL 端子

ローサイド MOS のドライブ端子です。

１３・LIN 端子

Not Recommended for New Designs

スイッチングノード端子です。外部インダクターのスイッチング側を接続します。

１４・GND 端子
アナロググランド端子です。

１５・PGND 端子
パワーグランド端子です。

１６・Ｖｏ端子
出力電圧検出端子です。動作周波数の設定に使われます。

１７・ＶＳＮＳ端子
出力電圧設定用端子です。出力電圧検出用の抵抗を接続します。

１８・ＳＫＩＰ端子
スキップモード選択端子です。SKIP 端子をグランドと接続すれば軽負荷時でも発振周波数をある程度安定にすることができます。また、OPEN にすればスキップモード(周波数が変化する)になります。

１９・OVP_SL 端子
出力過電圧保護の動作電圧値を設定する端子です。端子の電圧が、スレシュ値(1.32V)を超えると直ちに、ハイサイド MOS をオフし、ローサイド MOS をオンします。又、ＧＮＤと接続すれば出力過電圧保護機能は動作しなくなります。

４．SI-8511NVS 動作説明

●４－１　オンタイム固定 PWM 出力電圧制御

SI-8511NVS は、内部に動作周波数用の発振器を持っておりません。SI-8511NVS は、オンタイムを一定とした PWM 制御方式を採用しております。そのオン時間は、400KHz 動作になるようにオン時間を Vin と Vo の電圧の関係から制御する方式を採用しております。この方式を用いることにより、負荷の急峻な変化にたいして高速に応答することが出来ます。

●４－２　過電流保護

SI-8511NVS は、過電流の検出に外部抵抗を 2 個使用します。R1 はハイサイド側 MOS に流れる電流を検出するために、R2 はその検出ポイントを決めるために使用します。R2 には、常時 100μA の基準電流が流れています。R1 に流れる電流で生じる電位差が、その基準電流と R2 とで生じる電位差以上になった時、過電流保護動作に入ります。

Not Recommended for New Designs

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Ｌ

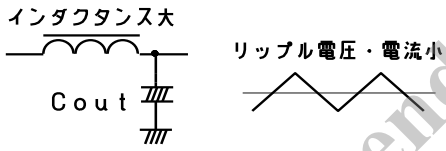
チョークコイルＬは、スイッチングトランジスタ OFF 時に負荷側に電流を供給しており、チョッパ型スイッチングレギュレータの中心的役割を果たしています。レギュレータの安定動作維持のため、飽和状態での動作や、自己発熱による高温動作等の危険な状態は回避しなくてはなりません。チョークコイル選定のポイントとしては以下の事項が挙げられます

ａ）スイッチングレギュレータ用であること

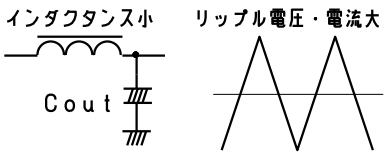
ノイズフィルタ用のコイルは、損失が大きく発熱が大となりますので使用をさけてください。

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。



インダクタンスが大きい程、リップル電流・電圧は小さくなる。ただし、コイルの外形は大型になる。



インダクタンスが小さい程、リップル電流・電圧が大きくなる。コイルの外形は小型になるが、動作が不安定になりやすい。

標準接続図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が、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、ΔIL はチョークコイルのリップル電流値を示し、大略下記の目安に従って設定します。

・使用出力電流が 3A 程度の時：出力電流×0.2～0.6 倍

・使用出力電流が 5A 以上の場合：出力電流×0.2～0.3 倍

$$L = \frac{(Vin - Vout) \cdot Vout}{\Delta IL \cdot Vin \cdot f} \qquad ---（1）$$

例えば　Vin=10V.　Vout=2.5V.　ΔIL=0.9A.　周波数=400KHz　とすると

$$L = \frac{(10 - 2.5) \times 2.5}{0.9 \times 10 \times 400 \times 10^3} \fallingdotseq 5.2uH$$

となりますのでインダクタンスが約 5.2uH のコイルを選択すればよいことになります。

Not Recommended for New Designs

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

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。特に、Vo 検出ラインにこのノイズがのりますと、誤動作の原因となります。なるべく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

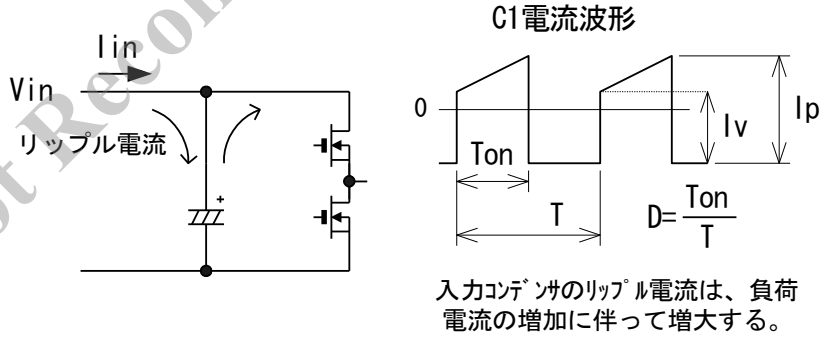
入力コンデンサは、入力回路のバイパスコンデンサとして動作し、スイッチング時の急峻な電流をレギュレータに供給しており、入力側の電圧降下を補償しています。従って極力レギュレータＩＣの近くに取り付ける必要があります。また、AC 整流回路の平滑コンデンサが入力回路にある場合には､入力コンデンサは平滑コンデンサと兼用とすることができますが、同様の配慮が必要です。又、リンギングノイズを減らすために、Ｃ１と並列に 0.1μF～0.47μF のセラミックコンデンサを接続することが効果的です。

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。

Ｃ１の電流の流れ



これら耐圧や許容リップル電流値を、オーバーしたりディレーティング無しで使用したりした場合、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 Irms は下記の式で求められます。

Not Recommended for New Design

$$Irms \approx 1.2 \times \frac{Vo}{Vin} \times Io \quad ---（2）$$

例えば　Iout=3A.　Vin=10V.　Vo=2.5V.　とすると

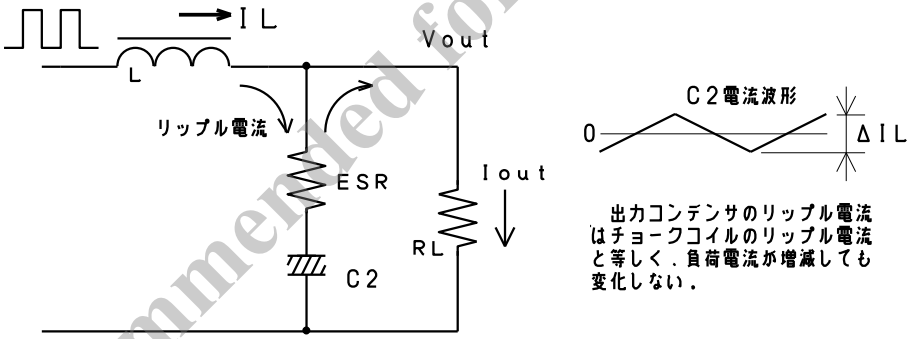
$$Irms \approx 1.2 \times \frac{2.5}{10} \times 3 = 0.9A$$

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

出力コンデンサＣ２は、チョークコイルＬと共にＬＣローパスフィルターを構成して、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ΔIL と等しい電流が充放電されています。従ってＣ２選定のﾊﾟ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。

C2 の電流の流れ



◇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。

$$Irms = \frac{\Delta IL}{2\sqrt{3}} \quad ---（3）$$

例えばΔIL を 0.5A としますと

$$Irms = \frac{0.5}{2\sqrt{3}} \fallingdotseq 0.14A$$

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。

◇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ΔIL（＝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 0.5～3%程度(例：Vout=5V で 1%の場合：50mV)

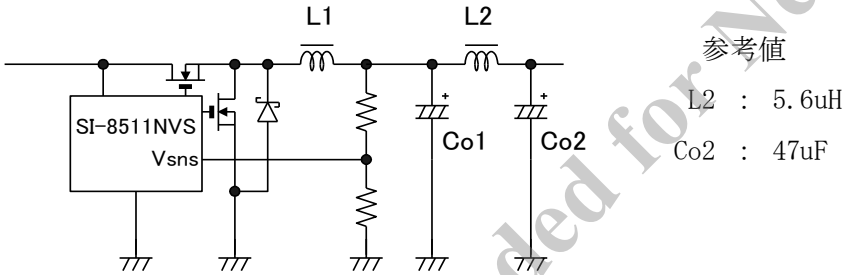
Not Recommended for New Designs

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。特にｱﾙﾐ電解コンデンサの 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。

$$Vrip \approx \frac{(Vin - Vout) \cdot Vout}{L \cdot Vin \cdot f} ESR \quad ---(4)$$

$$Vrip \approx \Delta IL \cdot ESR \quad ---(5)$$

また、ESR が極端に小さい場合(約１０ｍΩ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π型フィルター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。

Not Recommended for New Designs

５－１－④　スイッチング MOSFET

低 RDSON でロジックタイプ Nch-MOS を使用してください。一般使用の MOS ですと、Vgs の不足からｵﾝ抵抗が下がらず、効率が悪くなり、大きな発熱を生じる可能性があります。SI-8511NVS のﾊﾟﾜｰMOS ドライブ端子(DRVH, DRVL)は、2.5V 出力時で 0.5A 程度のドライブ能力がありますので、それに合わせた MOS FET を選定してください。

５－１－④　過電流検出用抵抗

数十ｍΩから、数ｍΩの抵抗値を使用してください。又、L 値を大きく持っている抵抗は使用しないでください。又、Vin が 3V 程度の時は、R2 に生じる電圧ドロップは 100mV 程度にするようにしてください。

５－１－④　電圧検出抵抗

SI-8511NVS の内部基準電圧は 1.1V に設定されております。出力電圧は 2 個の抵抗(R9 と R10)を VSNS

端子に接続して設定します。また、動作の安定性を維持するためには，これらの抵抗には 500μA～2mA 程度の電流が流れるように抵抗値を設定してください。

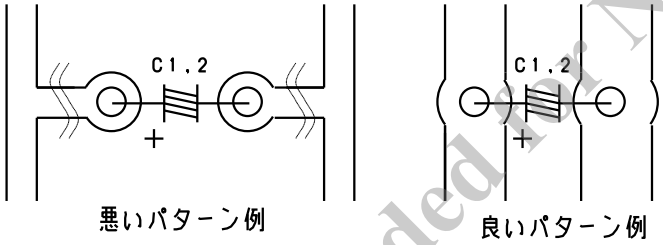
●５－２　パターン設計上の注意

５－２－①　ＶＣＣライン

ＶＣＣラインには、ＭＯＳのスイッチングの瞬間に１Ａ程度の電流が流れますので、それなりの太さのパターンにしてください。

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に近づけてください。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ください。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。

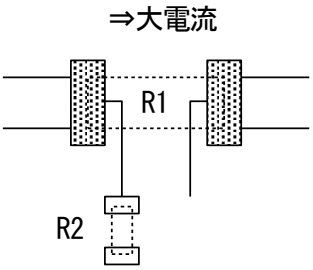


５－２－③　Ｖｏ検出ライン

Ｖｏ検出ライン(標準接続図参照)は出来る限り出力コンデンサＣ２に近い所にから短いパターンにしてください。長いパターンの場合、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御注意ください。又、インダクタンス L1 との干渉はさけるようにしてください。尚、インピーダンスを下げるために、ある程度太いパターンにすることを推奨します。

５－２－④　過電流検出

過電流を検出する端子(ISEN と ILIM)の接続は、電流検出抵抗の両端でケルビン配線を行ってください。この両端に接続するラインは大電流ラインの影響を受けないように配線する必要があります。下記図の配線を参考にしてください。過電流検出抵抗 R1 は 5mΩ～30mΩとしてください。出力電流が 5A を超える場合は損失低減、ノイズ低減のため 5mΩ～10mΩにしてください。そして、スイッチングノイズの影響を少なくするために、R2 と並列にコンデンサを実装することを推奨します。容量としては、数千ｐF～0.33μＦ程度にしてください。尚、スイッチング電流によるノイズが大きい場合、VIN 端子(4 番ピン)と VIN ライン間へ直列に抵抗(1Ω～15Ω程度)を挿入することも、ノイズの



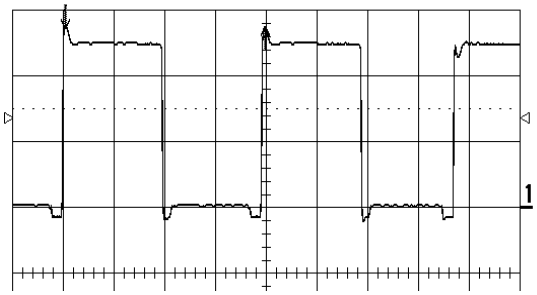
Not Recommended for New Designs

影響を緩和することが出来ます。

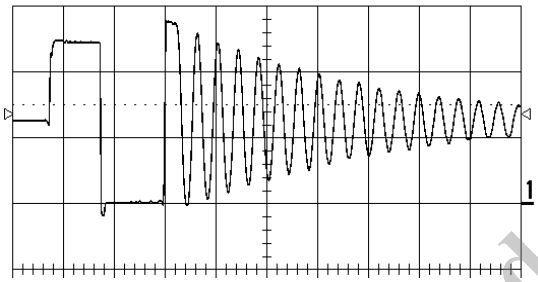
●５－３　動作波形の確認

スイッチング動作が正常であるかどうかはSI-8511NVSの18-20端子間波形(SwOut波形)にて確認できます。以下に正常動作時の波形例を示します。

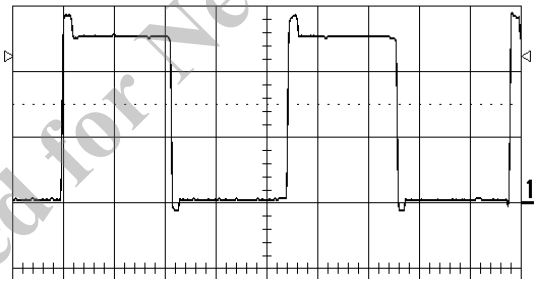
1･正常動作(連続領域)



2･正常動作(不連続領域)　SKIP:Open



3･正常動作(不連続領域)　SKIP:GND



連続領域は、チョークコイルを流れる電流に、三角波に直流成分が重畳している領域であり、不連続領域は、チョークコイル電流が少ないためチョークコイルを流れる電流が断続的になる（ゼロになる期間が発生する）領域です。したがって負荷電流が多い場合は連続領域に、少ない場合は不連続領域になります。連続領域ではスイッチング波形は通常の方形波の形状となり（波形１)、不連続領域ではスイッチング波形に減衰振動が発生したり（波形２)、周波数が下がったりしますが(波形３)、これは正常な動作であり問題はありません。

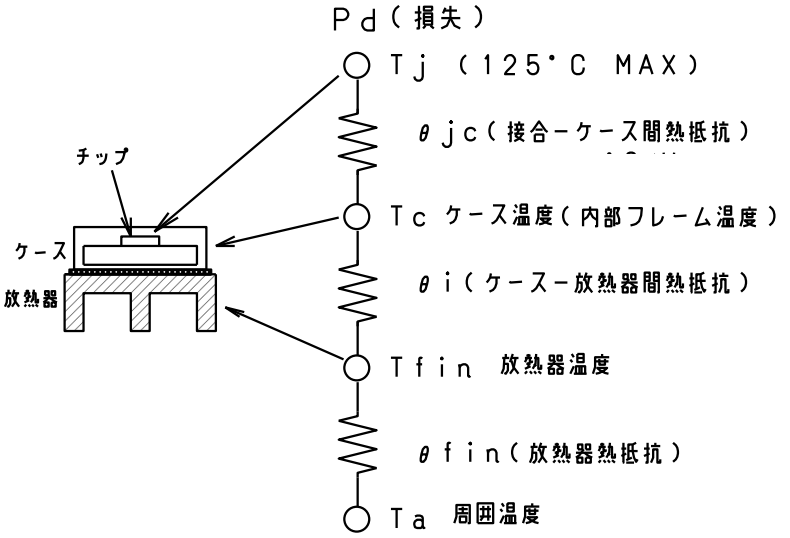
ＩＣとC1,C2が離れていると、スイッチングのON-OFF時間が乱れる場合がありますので、C1,C2はＩＣの近くに接続する必要があります。

●５－４　熱設計

５－４－①　放熱の計算

MOS FET の損失Ｐｄと、接合部温度Ｔｊ、ケース温度Ｔｃ、放熱器温度Ｔｆｉｎ、周囲温度Ｔａは、以下の関係にあります。

Not Recommended for New Designs



$$Pd = \frac{Tj - Tc}{\theta jc} \quad ——（6）$$

$$Pd = \frac{Tj - Tfin}{\theta jc + \theta i} \quad ——（7）$$

$$Pd = \frac{Tj - Ta}{\theta jc + \theta i + \theta fin} \quad ——（8）$$

ＴｊＭＡＸは製品固有の値であり、厳守する必要があります。この為には、ＰｄＭＡＸ，ＴａＭＡＸに応じた放熱器設計（θｆｉｎの決定）が必要になります。これらをわかりやすくグラフ化した物が熱減定格であります。放熱器設計は以下の手順で行います。

１）セット内最大周囲温度ＴａＭＡＸを求める。

２）入出力条件を変化させ最大損失ＰｄＭＡＸを求める。

（下記計算は、概算です。）

$$Pd \approx Rdson \cdot Io^2 \cdot \frac{Vo}{Vin} \cdot 1.1 \quad （ハイサイド側） \quad ———（９－１）$$

$$Pd \approx Rdson \cdot Io^2 \cdot \frac{Vin - Vo}{Vin} \cdot 1.1 \quad （ローサイド側） \quad ———（９－２）$$

３）熱減定格上の交点より放熱器やパターンの決定を行う。

また計算にて必要な放熱器の熱抵抗を求めることも出来ます。必要な放熱器の熱抵抗は

$$\theta i + \theta fin = \frac{Tj - Ta}{Pd} - \theta jc \quad ———（１０）$$

で求められます。熱抵抗関係のデータはご使用になる MOS の仕様に従ってください。又、放熱器は、一般的に、10～20%以上のディレーティングで使用します。また実際には、実装上の違いにより放熱効果が大きく変化します。従って、実装状態での放熱器温度あるいはケース温度の確認が必要となります。

Not Recommended for New Designs

６．応用

●６－１　ソフトスタート

出力コンデンサの容量が大きい場合、起動時 出力コンデンサ突入電流により、過電流保護回路が動作し、出力電圧が起動しにくくなる場合があります。この対策としては、ソフトスタートを活用し突入電流を抑えることが効果的です。Css の容量を上げた場合、負荷短絡電流低減の効果もあります。ソフトスタート時間は SS 端子に接続されたコンデンサにより、専用 OSC の周波数を変化させることで、設定できます。また、内部には 32ﾋﾞｯﾄのｶｳﾝﾀｰを内蔵しており、そのｶｳﾝﾀｰが 32 ｶｳﾝﾄすると出力電圧が設定値になります。又、SS 端子に流れる電流値が±20μA に設定されていますので、下記の式からソフトスタートの時間が計算できます。

$$Tss = \frac{3\times C}{20\times 10^{-6}} \times 32 \quad [S]$$

ここで、Tss:ソフトスタート時間

C:SS 端子に接続される容量

例えば、SS 端子に 220pF のコンデンサを接続したとすると

$$Tss = \frac{3\times 220\times 10^{-12}}{20\times 10^{-6}} \times 32 = 1\text{ms}$$

ソフトスタート時間を 1mS に出来ます。

また、このソフトスタートを過電流制限の機能に使っておりますので、ソフトスタート時間は 0.5mS~100mS 以内の範囲に設定してください。

●６－２　出力の ON・OFF 制御

EN 端子を H(2.4V 以上)にすることで、出力がｵﾝし、L(0.8V 以下)にすることで出力がオフします。尚、EN 端子はロジック入力ですので、H か L のどちらかに固定してください。

●６－３　出力電圧可変

出力電圧の設定には R9 と R10 の値を変更することで、出来ます。これらの抵抗には、500μA~2mA 程度の電流を流すようにしてください。又 SI-8511NVS 基準電圧は、1.1V に設定されています。例えば、R9 に 500μA の電流を流すとすると、R10=1.1V/ 500μA=2.2KΩとなります。そうしましたら、下記の式より R9 の抵抗値を設定してください。

$$R9 = [(Vo/1.1) - 1] \times R10$$

Vo を 2.5V とするなら、R9={2.5/1.1-1}×2.2KΩ=2.8KΩとなります。

Not Recommended for New Designs

●６－４　過電流値の設定

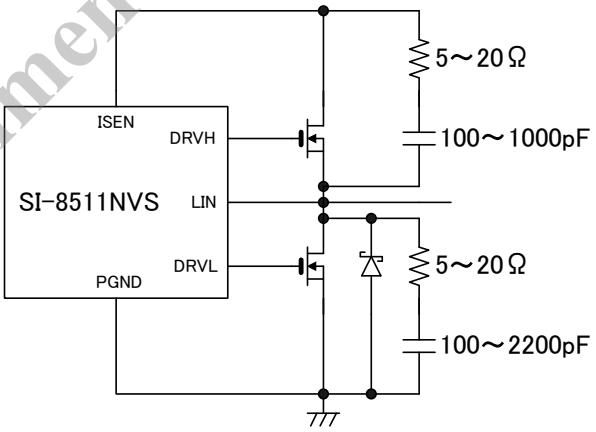
SI-8511NVS は ILIM に接続される抵抗に生じる電圧(基準電圧)と、ISEN に接続される電流検出抵抗に生じる電圧を比較して、電流検出用抵抗の電圧ドロップが ILIM に接続される抵抗の電圧ドロップに等しくなる電流値で過電流保護を行います。ILIM に流れ込む電流は、
100μA に設定されていますので、下記の式で過電流値を決定できます。

$$Is = \frac{R2}{R1} \times 100 \times 10^{-6} \quad [A]$$

ここで、R1:電流検出用抵抗値
　　R2:IILM 端子に接続されている抵抗値
尚、VIN が 3V 程度と低い時は、内部のｺﾝﾊﾟﾚｰﾀの動作を確実にするため、R1 及び R2 による電圧降下は 100mV 以下にしてください。

●６－５　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、ハイサイド MOSFET の出力波形及び、ダイオードのリカバリータイムを、コンデンサと抵抗とで補正する方法が有効です。ハイサイド MOS 側あるいはダイオード側どちらか一方でも効果があります。下図を参考の上、設定してください。但し、共に効率が若干低下しますので注意して下さい。



●６－６　動作周波数可変

SI-8511NVS は、fﾄﾗﾌﾞﾙを回避するため、内部のオンタイムを、FADJ 端子と FSET 端子を使うことで、変更することが出来ます。FADJ 端子－GND 端子間に 100kΩを接続すると最大周波数 400KHz に設定されます。また、FADJ 端子を OPEN にし、FSET 端子－GND 端子間に抵抗を接続すれば、周波数を可変できます。この抵抗は、100KΩの抵抗で 100KHz 程度、200KΩの抵抗で 250KHz 程度、そして 400KΩの抵抗で、300KHz 程度に設定されます。また、FSET-GND 間に接続する抵抗は、100KΩ~1MΩの範囲で、設定してください。

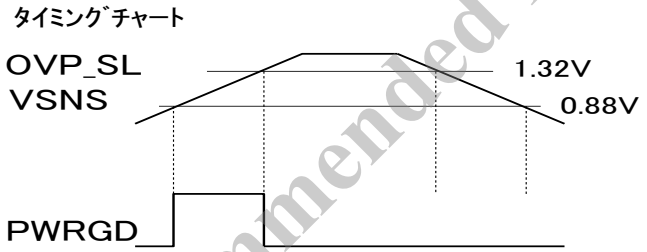
Not Recommended for New Designs

●６－７　過電圧値設定

過電圧値の設定は、外部抵抗を 2 個使うことで行えます。スレシュ値は 1.32V です。出力電圧津設定用の抵抗と同じ値を接続すれば､出力電圧より 20%高い電圧になった時､過電圧保護動作に入ります。過電圧保護動作に入ると､DRVH 端子をロー電圧(LIN 端子と同じ電圧)にし､DRVL 端子をハイ電圧(VCC2 端子と同じ電圧)にし、その状態を保持します。DRVL 端子がハイ電圧になりますので、ローサイド MOS はオンし、入力側のヒューズを切断させることができます。但し、MOS オン抵抗や、入力電圧の状態等によってはヒューズが切断しないこともありえますので、十分な検討の上、ヒューズの定格値を決定してください。尚、電源の再投入あるいは、EN 端子をローにして再びハイにした時、過電圧保護はリセットされます。

●６－８　Power_Good 出力

PWRGD 端子は、ｵｰﾌﾟﾝﾄﾞﾚｲﾝ出力となっています。またｼﾝｸ能力は 120μA(Max)です。外部で電源にﾌﾟﾙｱｯﾌﾟしてください。また、PWRGD 信号は出力電圧（正確には VSNS の電圧）の状態を示します。VSNS 電圧が 0.88V 以下の時は L、VSNS 電圧が 0.88V～の時には H を出力します。但し、OVP_SL 端子が、1.32V 以上になると L を出力し、その状態を保持します。電源の再投入あるいは、EN 端子をローにして再びハイにした時にこの保持状態は、リセットされます。

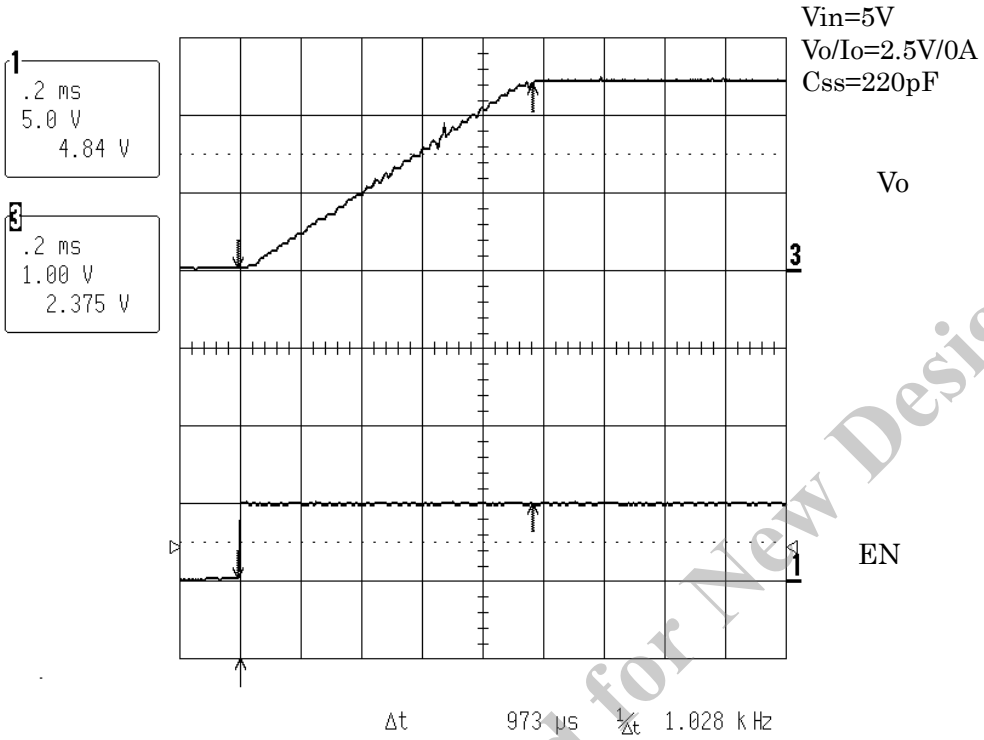


電源シーケンスを組む場合に有効です。PWRGD が High になってから負荷をかけるように出来ます。

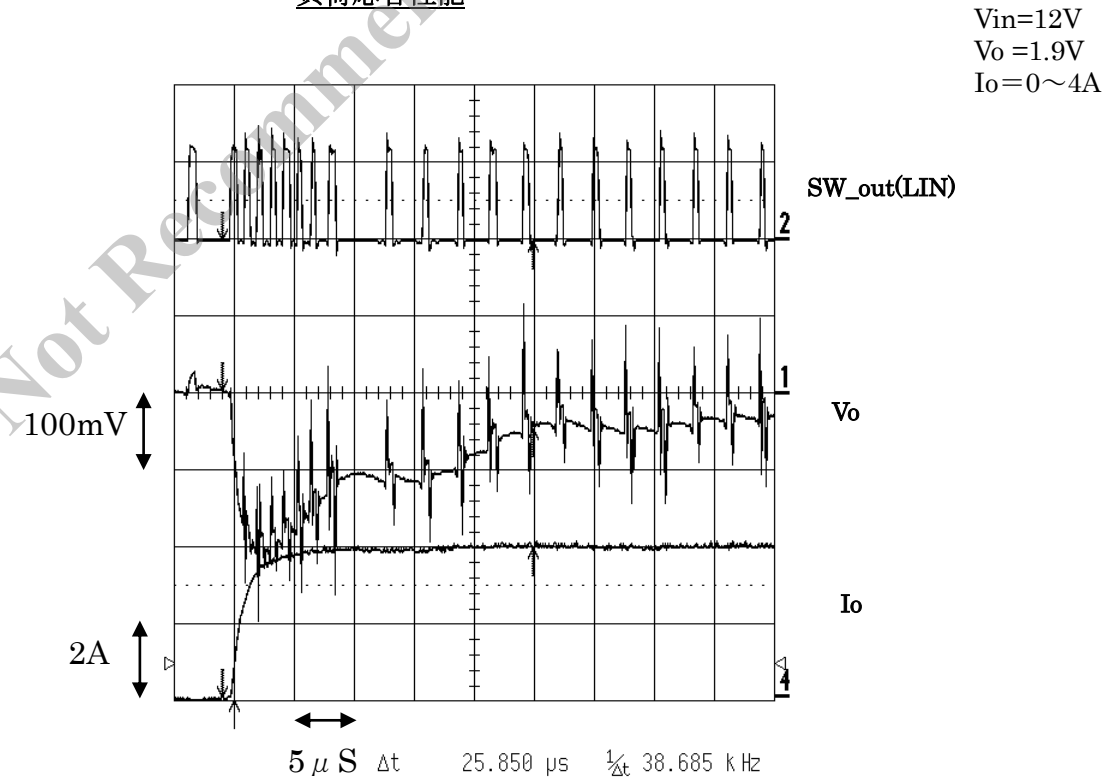
Not Recommended for New Designs

7．代表特性例

起動特性

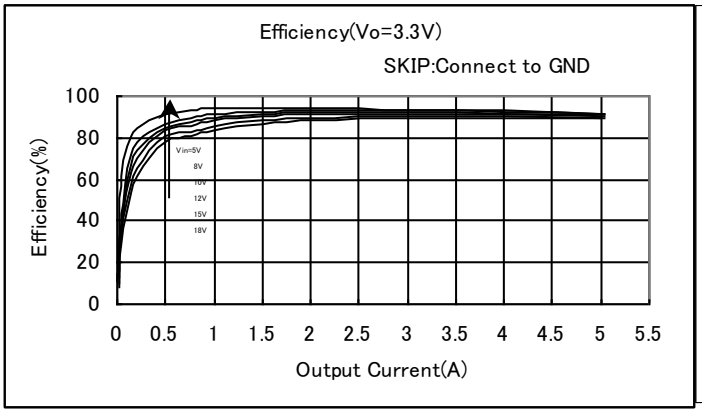


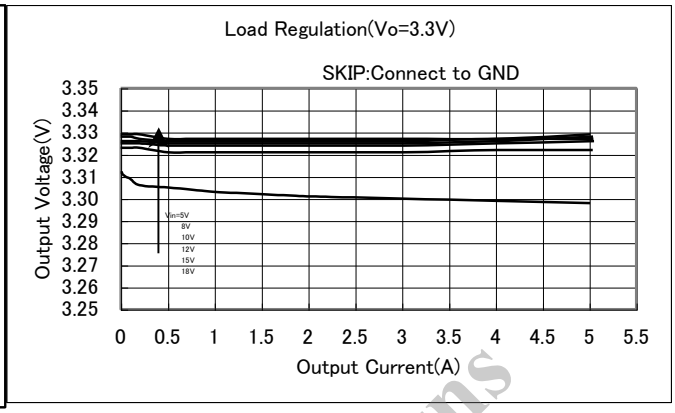
負荷応答性能

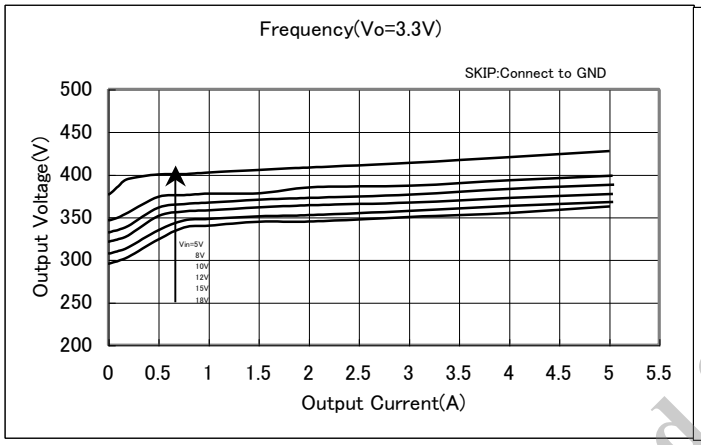


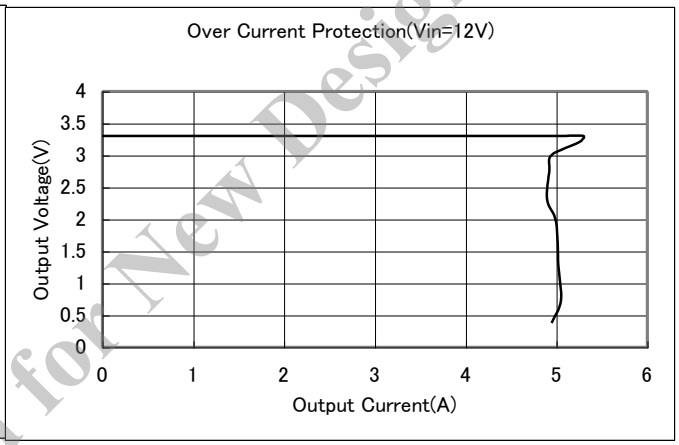
Not Recommended for New Designs

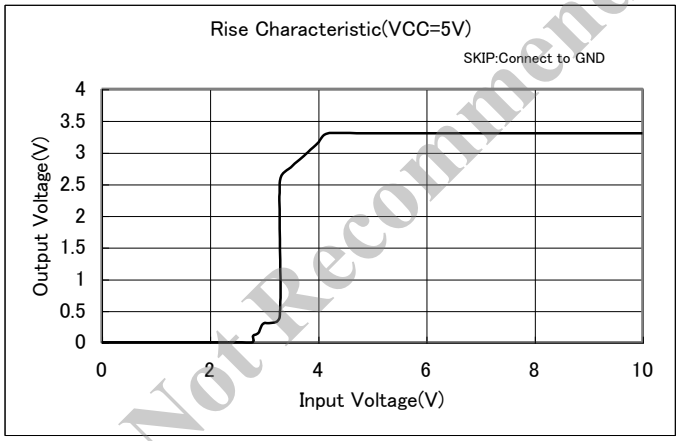
電気的特性











Not Recommended for New Designs

８．用語解説

・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。

Not Recommended for New Designs

！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ことがあります。ご使用の際には、最新の情報であることをご確認下さい。
●本書に記載されている動作例および回路例は、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、社会的な損害等を発生させないよう、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ください。
●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、計測機器など）に使用されること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、生命維持のための医療機器など）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。

Not Recommended for New Design