

ELM613DA 2A 20V 高効率 同期整流 PWM 降圧 DC/DC コンバータ

■概要

ELM613DA は550kHz 固定周波数 PWM 同期整流降圧 DCDC コンバータです。この IC は入力電圧範囲が 4.75V から20V で動作し、出力設定電圧が0.923V から18V まで調整可能です。出力電流は最大2A です。スイッチング用に内蔵されている 2 個の MOSFET のオン抵抗は 85mΩ です。

ELM613DA は電流モード制御を採用しており、高速な過渡応答特性とスイッチサイクルごとの過電流保護を実現しています。シャットダウン電流は Typ.1μA です。ソフトスタート機能は外付け容量により立ち上がり時間が調整可能で、突入電流を適切な値に制限できます。過熱保護機能も内蔵されています。

■特長

- 外部調整機能付きソフトスタート
- 短絡保護
- 過熱保護
- 入力電圧範囲 : 4.75V ~ 20V
- 出力電圧範囲 : 0.923V ~ 18V
- 最大出力電流 : 2A
- 高効率 : Max.93%
- 内蔵 MOS スイッチオン抵抗 : 85mΩ
- シャットダウン電流 : Typ.1μA
- 固定周波数 : Typ.550kHz
- パッケージ : SOP-8

■用途

- 分散型システム電源
- ネットワーク 機器
- コンピュータ
- 家電機器

■絶対最大定格値

項目	記号	規格値	単位
電源電圧	Vin	-0.3 ~ +21	V
SW 端子印加電圧	Vsw	-0.3 ~ Vin+0.3	V
BS 端子印加電圧	Vbs	Vsw-0.3 ~ Vsw+6	V
FB 端子印加電圧	Vfb	-0.3 ~ +6	V
COMP 端子印加電圧	Vcomp	-0.3 ~ +6	V
EN 端子印加電圧	Ven	-0.3 ~ +6	V
SS 端子印加電圧	Vss	-0.3 ~ +6	V
許容損失	Pd	630	mW
動作温度	Top	-40 ~ +85	°C
保存温度	Tstg	-65 ~ +150	°C

注意：上記定格を超えるストレスは、デバイスの信頼性に影響を与える可能性があります。

■セレクションガイド

ELM613DA-N

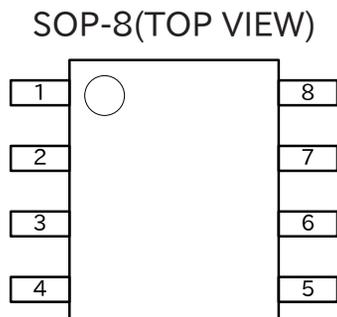
記号		
a	パッケージ	D: SOP-8
b	製品バージョン	A
c	テーピング方向	N: パッケージ ファイル参照

ELM613DA-N
↑ ↑ ↑
a b c

(注) テーピング方向は一種類のみ

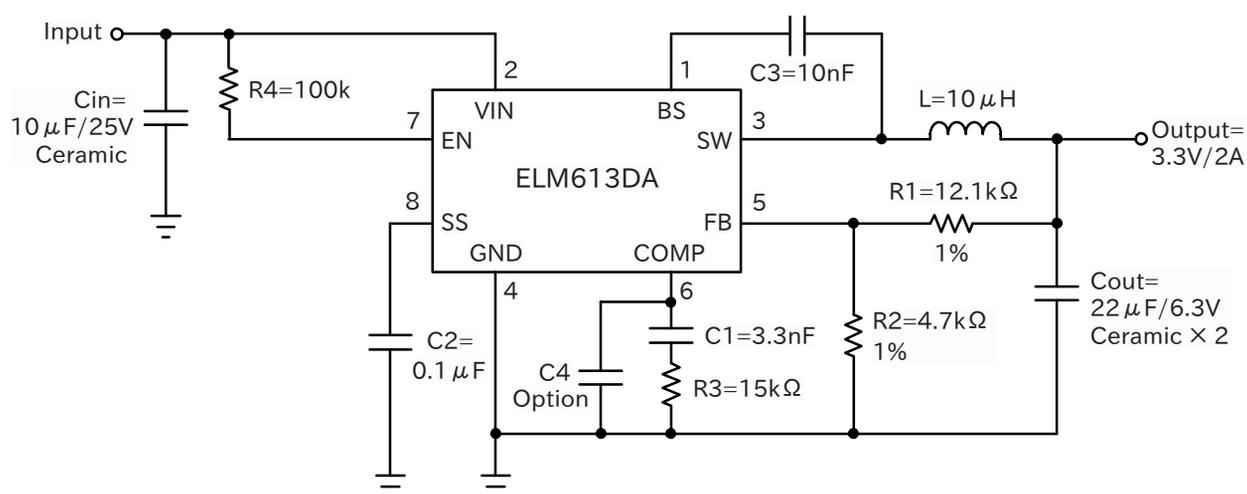
ELM613DA 2A 20V 高効率 同期整流 PWM 降圧 DC/DC コンバータ

■端子配列図



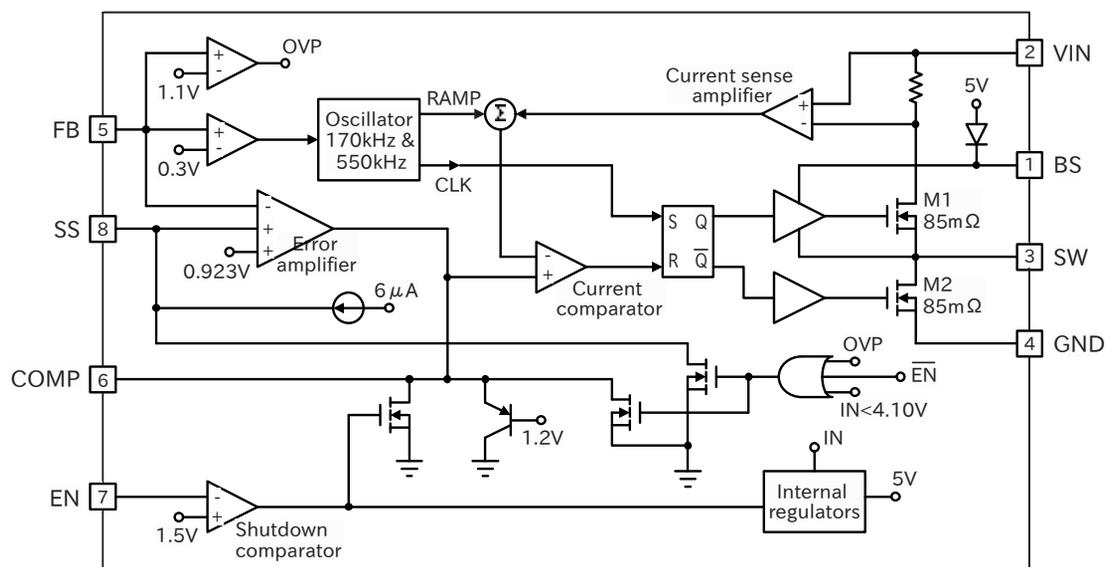
端子番号	端子記号	ピン説明
1	BS	ハイサイドゲート駆動ブートストラップ入力
2	VIN	電源入力
3	SW	パワースイッチ端子
4	GND	グラウンド端子
5	FB	帰還電圧入力端子
6	COMP	位相補償端子
7	EN	イネーブル端子
8	SS	ソフトスタート制御端子

■標準回路図



注：EN ピンは 5.6V でクランプされます。Input 電源にプル アップする場合は、EN 電流 <math>< 200 \mu\text{A}</math>になるように R4(100kΩ程度)を付加して下さい。

■ブロック図



ELM613DA 2A 20V 高効率 同期整流 PWM 降圧 DC/DC コンバータ

■電気的特性

特に指定なき場合、 $V_{in}=+12V$ 、 $T_{op}=+25^{\circ}C$

項目	記号	条件	Min.	Typ.	Max.	単位
電源電圧	V_{in}		4.75		20.00	V
出力電圧	V_{out}		0.923		18.000	V
出力電流	I_{out}				2.0	A
シャットダウン電流	I_s	$V_{en}=0V$		1.0	3.0	μA
電源電流	I_{ss}	$V_{en}=2.0V, V_{fb}=1.0V$		1.3	1.5	mA
フィードバック電圧	V_{fb}	$4.75V \leq V_{in} \leq 20V$	0.900	0.923	0.946	V
フィードバック過電圧閾値	V_{fbo-th}			1.1		V
エラーアンプ電圧利得	A_{ea}			400		V/V
誤差アンプトランスコンダクタンス	G_{ea}	$\Delta I_c = \pm 10 \mu A$		800		$\mu A/V$
ハイサイドスイッチオン抵抗	$R_{ds(on)1}$			85		m Ω
ローサイドスイッチオン抵抗	$R_{ds(on)2}$			85		m Ω
ハイサイドスイッチリーク電流	I_{leak}	$V_{en}=0V, V_{sw}=0V$			10	μA
アッパー電流制限スイッチ	I_{lim_usw}	最小デューティ比	2.4	4.0		A
ローワー電流制限スイッチ	I_{lim_lsw}	ドレインからソースへ		1.1		A
COMP 電流センス 相互コンダクタンス	G_{cs}			3.5		A/V
発振周波数	F_{osc1}		500	550	600	kHz
ショート発振周波数	F_{osc2}	$V_{fb}=0V$	120	170	220	kHz
最大デューティ比	D_{max}	$V_{fb}=0.78 mV$		90		%
最小オン時間	T_o			140		ns
EN シャットダウン閾値電圧	V_{ens_th}	V_{en} 立ち上がり		1.39		V
EN シャットダウンヒステリシス	V_{ens_hys}			210		mV
EN ロックアウト閾値電圧	V_{enl_th}			1.64		V
EN ロックアウトヒステリシス	V_{enl_hys}			210		mV
低入力電圧ロックアウト閾値	V_{th}	V_{in} 立ち上がり		4.10		V
低入力電圧ロックアウトヒステリシス	V_{th_hys}			210		mV
ソフトスタート電流	I_{soft}	$V_{ss}=0V$		6		μA
ソフトスタート期間	P_{soft}	$V_{ss}=0.1 \mu F$		15		ms
サーマルシャットダウン	T_{sd}			160		$^{\circ}C$

ELM613DA 2A 20V 高効率 同期整流 PWM 降圧 DC/DC コンバータ

■動作説明

ELM613DA は同期整流型、電流モード制御の降圧コンバータです。入力電圧 4.75V ~ 20V から最低電圧 0.923V まで降圧可能です。かつ電流は最大2A まで供給可能です。ELM613DA は電流モードで出力電圧を制御します。出力電圧は抵抗分割による電圧値を FB 端子で測定し、内部エラーアンプを使って増幅します。COMP 端子の電圧は、出力電圧を制御するために内部で測定されるスイッチ電流と比較されます。コンバータは内蔵 N チャンネル MSOFET を使って入力電圧を降圧し出力電圧をレギュレートします。高電位側の MOSFET は入力電圧より高いゲート電圧が必要です。SW 端子と BS 端子との間に接続されたブースコンデンサは、高電位側のゲートをドライブするために必要です。ブースコンデンサは、SW が low の時、内部 5V 電源から充電されます。

FB 端子電圧が 0.923V を 20% 超えた時、過電圧コンパレータが動作し COMP 端子と SS 端子は GND 電位になり、高電位側の MOSFET のスイッチをオフにします。

1. 端子について

BS 端子：電源側 MOS スイッチゲート駆動用ブートストラップ端子。

電源側の N チャンネル MOS スイッチのゲート駆動電源電圧を供給します。SW 端子と BS 端子間に 0.01 μ F 以上のコンデンサを接続します。

VIN 端子：電源入力端子。

VIN 端子から ELM613DA に電源が供給されます。4.75V から 20V を入力できます。VIN 端子と GND 端子間にはスイッチノイズを吸収するために適切な大きさのコンデンサを接続します。

SW 端子：パワースイッチ端子。

パワースイッチ端子はインダクタ電流をスイッチすることで電力を出力に供給します。LC フィルタを出力負荷と SW 端子間に接続します。SW 端子と BS 端子間にはコンデンサが必要です。

GND 端子：グラウンド端子です。

高周波インピーダンスの低い PCB 配線に接続します。

FB 端子：制御電圧帰還端子です。

FB 端子により出力電圧を検出して定電圧制御を行います。FB 端子が 0.923V になるように制御されます。FB 端子は出力とグラウンド間の分圧抵抗ネットワークを介して接続されます。

COMP 端子：位相補償端子です。

定電圧制御ループの位相補償に使われます。COMP 端子と GND 端子間に直列 CR を接続します。条件によっては COMP 端子と CND 端子間にコンデンサの追加が必要です。

EN 端子：イネーブル入力端子です。

ELM613DA をオン / オフさせるデジタル入力端子です。Input 電源にプルアップする場合は、EN 電流 < 200 μ A になるように 100k Ω pull up 抵抗を入れて下さい。ハイイネーブル、ハイ入力で動作し、ロー入力でスタンバイ状態となります。

SS 端子：ソフトスタート制御端子です。

ソフトスタートの時間を設定することができます。0.15 μ F のコンデンサを接続すると 15msec のソフトスタート期間となります。SS 端子をオープンにすればソフトスタート機能なしとなります。

2. 出力電圧の設定

出力電圧の設定は分圧抵抗により出力電圧を分圧して FB 端子に戻すことが可能です。出力電圧 V_{out} と FB 端子電圧 V_{fb} の関係は以下の式になります：

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

ELM613DA 2A 20V 高効率 同期整流 PWM 降圧 DC/DC コンバータ

従って、Vfb が 0.923V であると：

$$V_{out} = 0.923 \times (R1 + R2) / R2$$

R2 は最大 100kΩ ですが、10kΩ を推奨されます。推奨値を使用すれば、R2 の値は R1 によって決定されます：

$$R1 = 10.83 \times (V_{out} - 0.932)(k\Omega)$$

3. インダクタ

インダクタは入力電源からスイッチで駆動されたときに定電流源として負荷を駆動します。大きな値のインダクタは少ないリップル電流を生成して結果として出力リップル電圧を小さくします。しかし大きな値のインダクタはサイズが大きく直列抵抗が高く飽和電流値も小さくなります。使用するインダクタの値を決める良い方法は最大スイッチ電流の 30% にピークツーピークのリップル電流がなるようにインダクタを設定することです。最大インダクタ電流は ELM613DA の最大スイッチ電流より小さくしなければなりません。

インダクタの値は次の式で計算できます：

$$L = [(V_{out} / (f_s \times \Delta I_L)] \times (1 - V_{out} / V_{in})$$

Vout は出力電圧、Vin は入力電圧、fs はスイッチ周波数、ΔIL はインダクタのピークツーピークのリップル電流
インダクタのピーク電流時に磁気飽和しないインダクタを選択する必要があります。

インダクタのピーク電流は I_{lp} 以下の式で計算できます：

$$I_{lp} = I_{load} + [V_{out} / (2 \times f_s \times L)] \times (1 - V_{out} / V_{in})$$

ここで I_{load} は負荷電流で、どのような形状のインダクタを選択するかは価格、大きさ、EMI 規格などを考慮して決定します。

4. オプションのショットキーダイオード

電源側 MOS スwitch とグランド側 MOS スwitch の ON から OFF への過渡状態においてグランド側 MOS スwitch の寄生ダイオードがインダクタ電流により導通します。この寄生ダイオードの順方向電圧は高いので、電力損失が発生します。追加のショットキーダイオードを SW 端子と GND 端子間に並列に接続することで、このショットキーダイオードの低い順方向電圧でインダクタ電流をバイパスし変換効率を向上することができます。表 1 に使用できるショットキーダイオードの例を挙げます：

表 1：
推奨ダイオード

品番	電圧, 電流	メーカー
B130	30V, 1A	Diodes Inc.
SK13	30V, 1A	Diodes Inc.
MBRS130	30V, 1A	International Rectifier

5. 入力コンデンサ

降圧 DC/DC コンバータの入力電流は断続的に流れます。DC 入力電圧を安定化するために、AC 電流を供給するコンデンサが DC/DC コンバータの入力端子に必要です。性能を確保するためには低 ESR のコンデンサが必要です。セラミックコンデンサが推奨されます。タンタルコンデンサまたは低 ESR の電解コンデンサも使用できます。セラミックコンデンサを使用する場合は誘電体特性に注意が必要です。温度特性、電圧特性を確認してください。X5R、X7R などを推奨します。入力コンデンサは入力スイッチ電流を吸収するので適切なリップル電流耐量が必要です。入力電流の RMS I_{cin} 値は：

$$I_{cin} = I_{load} \times [(V_{out} / V_{in}) \times (1 - V_{out} / V_{in})]^{1/2}$$

最悪条件は Vin = 2Vout の場合で、I_{cin} = I_{load}/2 です。単純に言うと最大負荷電流の半分の RMS リップル電流が許容できるコンデンサを選択する必要があります。入力コンデンサはアルミ電解コンデンサ、タンタルコンデ

ELM613DA 2A 20V 高効率 同期整流 PWM 降圧 DC/DC コンバータ

ンサ、セラミックコンデンサが使用できます。アルミ電解コンデンサとタンタルコンデンサを使う場合は、高周波特性の良い 0.1 μ F のセラミックコンデンサを IC に出来るだけ近くに並列接続してください。セラミックコンデンサを使う場合は、入力端子のリップル電圧を抑えられるように十分な容量を確保してください。低 ESR コンデンサにおける入力リップルの値 ΔV_{in} は以下の式で計算されます：

$$\Delta V_{in} = [I_{load} / (C_{in} \times f_s)] \times (V_{out} / V_{in}) \times (1 - V_{out} / V_{in})$$

ここで C_{in} は入力コンデンサの容量値です。

6. 出力コンデンサ

出力コンデンサは DC 出力電圧を確保するために使われます。セラミックコンデンサ、タンタルコンデンサ、低 ESR アルミ電解コンデンサが推奨されます。低 ESR コンデンサは出力リップル電圧を低くすることができます。出力リップル電圧 ΔV_{out} は以下の式で表されます：

$$\Delta V_{out} = [V_{out} / (f_s \times L)] \times (1 - V_{out} / V_{in}) \times [Resr + 1 / (8 \times f_s \times C_{out})]$$

ここで C_{out} は出力コンデンサの容量値、 $Resr$ は出力コンデンサの等価直列抵抗値です。

セラミックコンデンサの場合は、スイッチング周波数における高周波インピーダンスの容量値によりほぼ決まります。すなわち出力電圧リップルは容量値で決まります。出力電圧リップル値は以下の式になります：

$$\Delta V_{out} = [V_{out} / 8 \times f_s^2 \times L \times C_{out}] \times (1 - V_{out} / V_{in})$$

タンタルコンデンサ、アルミ電解コンデンサの場合は ESR が主にスイッチング周波数付近におけるインピーダンスを決定します。以下の式で表せます：

$$\Delta V_{out} = [V_{out} / (f_s \times L)] \times (1 - V_{out} / V_{in}) \times Resr$$

出力コンデンサの容量値は DCDC コンバータの安定性にも影響します。ELM613DA は広範囲の容量値と ESR に対して安定動作するように設計されています。

7. 位相補償回路

ELM613DA は電流モード制御を採用し簡単な位相補償と高速な過渡応答を実現しています。システムの安定性と過渡応答特性は COMP 端子で制御されます。COMP 端子は IC 内部のトランスコンダクタンス誤差アンプの出力端子です。抵抗とコンデンサの直列回路が位相補償のためのゼロと極を作ります。電圧帰還ループの DC ゲイン A_{vdc} は以下の式になります：

$$A_{vdc} = R_{load} \times G_{cs} \times A_{ea} \times V_{fb} / V_{out}$$

A_{ea} は誤差アンプの電圧利得、 G_{cs} は電流検出の相互コンダクタンス、 R_{load} は負荷抵抗値。

制御ループは重要な 2 つの極を持っています。1つは補償容量 C_1 と誤差アンプの出力抵抗によるもの、もう一つは出力コンデンサと出力抵抗で生成されるものです。これらの極は：

$$fp1 = G_{ea} / (2 \pi \times C_1 \times A_{ea}), fp2 = 1 / (2 \pi \times C_{out} \times R_{load})$$

ここで G_{ae} は誤差アンプの相互コンダクタンスです。また制御系は位相補償コンデンサと位相補償抵抗が生成する、1つのゼロを持ちます。ゼロは： $fz1 = 1 / (2 \pi \times C_1 \times R_3)$

さらにもう一つのゼロがあります。出力コンデンサが大容量でかつ高い ESR 値を持つ場合出力容量値と ESR が生成するゼロが無視できません： $fesr = 1 / (2 \pi \times C_{out} \times Resr)$

この場合 3 つ目のゼロ、ESR ゼロを補償するために補償容量 C_4 と抵抗 R_3 により極を生成します。この極は：

$$fp3 = 1 / (2 \pi \times C_4 \times R_3)$$

位相補償の目的は DCDC コンバータの伝達関数を安定に必要な形にすることです。

ELM613DA 2A 20V 高効率 同期整流 PWM 降圧 DC/DC コンバータ

帰還ループのユニティゲイン周波数はクロスオーバー周波数として重要です。低いクロスオーバー周波数はラインレギュレーションとロードレギュレーションの反応を遅くしますが、高いクロスオーバー周波数は制御系の不安定を招きます。一つの目安はクロスオーバー周波数をスイッチング周波数の1/10に設定することです。

位相補償の最適化は次の手順で行います：

1) 補償抵抗 R3 を必要なクロスオーバー周波数に応じてきめます。R3 は以下の式で計算します：

$$R3 = [(2\pi \times C_{out} \times f_c) / (G_{ea} \times G_{cs}) \times (V_{out} / V_{fb})] < [(2\pi \times C_{out} \times 0.1 \times f_s) / (G_a \times G_{cs})] \times (V_{out} / V_{fb})$$

f_c は要求されるクロスオーバー周波数です。通常スイッチ周波数の1/10にします。

2) 補償容量 C1 を必要な位相余裕を得られるように決めます。通常のインダクタの値の場合は、補償ゼロを作るために、 f_{z1} は十分な位相余裕を取るためにクロスオーバー周波数の1/10に設定します。C1 の値は以下の式で求めます：

$$C1 > 4 / (2\pi \times R3 \times f_c)$$

R3 は補償抵抗です。

3) 必要な場合は 2 番目の補償容量 C4 を決めます。出力コンデンサによる ESR ゼロがスイッチ周波数の半分の周波数に有る場合、あるいは以下の条件をみたす場合に：

$$1 / (2\pi \times C_{out} \times R_{esr}) < f_s / 2$$

その場合は 2 番目の補償容量 C4 を以下の式から求めます：

$$C4 = (C_{out} \times R_{esr}) / R3$$

8. 外部ブーツストラップダイオード

外部ブーツストラップダイオードの追加は DCDC コンバータの効率を改善します：

$V_{out} = 5V$ または $3.3V$ でかつデューティ比が高い ($D = V_{out} / V_{in} > 65\%$) の条件では外部ブーツストラップダイオードを追加すると良い結果が得られます。

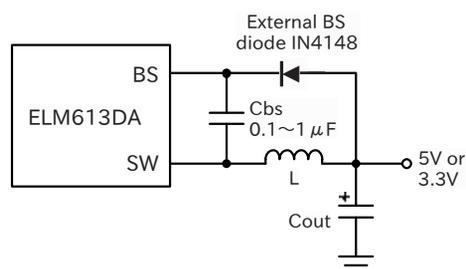


図1：DCDC コンバータの出力端子から BS ピンに接続します。

推奨ダイオードは 100V、1A クラスのシリコンダイオード (例1N4148) です。BS コンデンサは $0.1 \mu F$ から $1 \mu F$ です。

V_{in} が $6V$ より小さいときに効率を上げるために外部にショットキーダイオードを追加することができます。 V_{in} 端子と BS 端子の間に接続します。

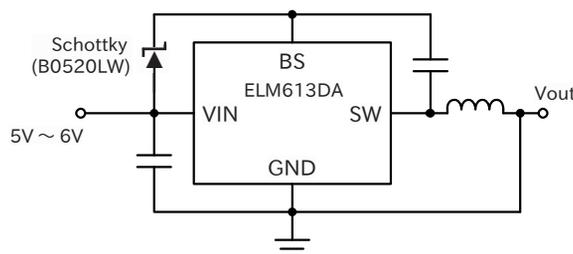


図 2： $V_{in} \leq 6V$ の効率化を促進するショットキーダイオードを追加します。

ELM613DA 2A 20V 高効率 同期整流 PWM 降圧 DC/DC コンバータ

9. PCB レイアウト時の注意点

安定動作をさせるためには PCB レイアウトは重要です。以下のガイドラインを参考にしてください。

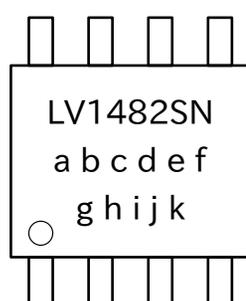
- 1) スイッチ電流の流れる経路はできるだけ短く、入力コンデンサ、電源ピングラウンドピン、SW ピンを接続する配線ループの面積は最小にしてください。
- 2) セラミックのバイパスコンデンサは Vin ピンのものでできるだけ近くに配置してください。
- 3) すべての帰還ループの配線は最短で直結してください。帰還抵抗と位相補償の素子は IC チップのものでできるだけ近くに配置してください。
- 4) SW 端子の配線はノイズを拾いやすい FB 端子などへのアナログ配線から離してください。
- 5) VIN 端子、SW 端子、そして特に GND 端子はできるだけ広い銅パターンに接続するようにしてください。これにより動作時のチップの温度を下げ長期的な信頼性を向上できます。

表 2 : ELM613DA 部品設定値

	L	R1		R2	R3	Cout	C1
Vout=5.0V	10 μ H	15K	15K	6.8K	16K	22 μ F	3.3nF
Vout=3.3V	10 μ H	12K	100	4.7K	15K	22 μ F	3.3nF
Vout=2.5V	10 μ H	9.1K	470	5.6K	13K	22 μ F	3.3nF
Vout=1.8V	10 μ H	6.8K	1K	8.2K	6.8K	22 μ F	3.3nF
Vout=1.2V	4.7 μ H	1.5K	1.5K	10K	5.1K	22 μ F	3.3nF
Vout=1.0V	3.3 μ H	1K	1K	24K	4.7K	22 μ F	3.3nF

■マーキング

SOP-8

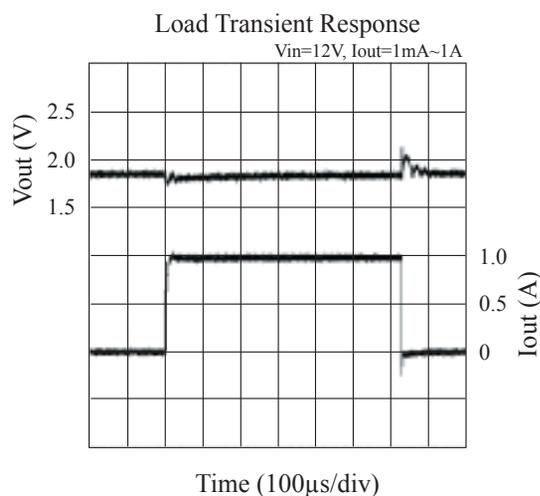
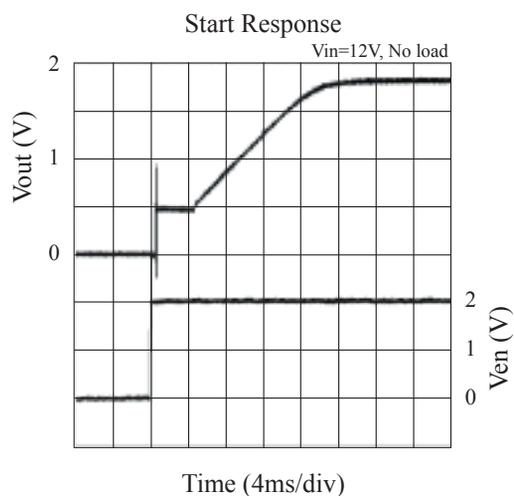
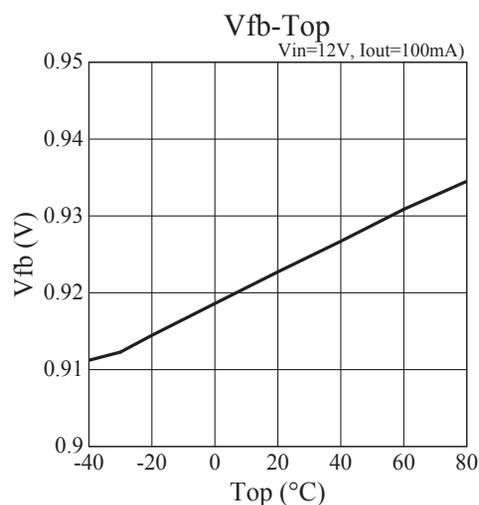
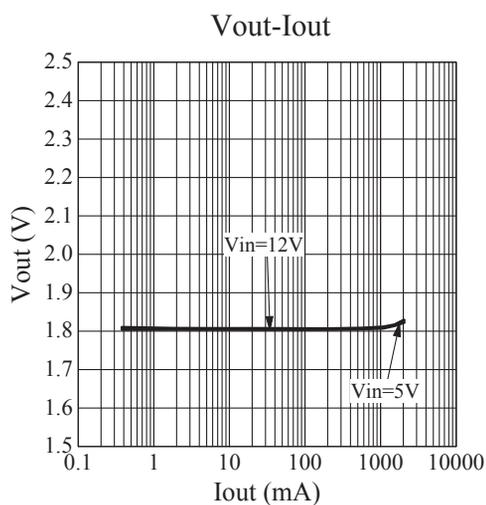
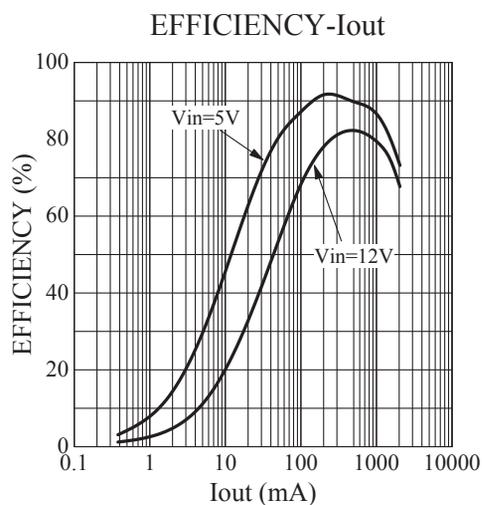
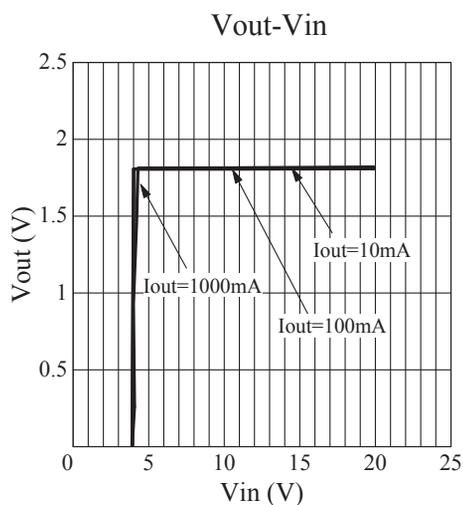


マーク	内容
LV1482SN	製品 ID
a ~ k	組み立てロット番号： 0 ~ 9 と A ~ Z 繰り返し

ELM613DA 2A 20V 高効率 同期整流 PWM 降圧 DC/DC コンバータ

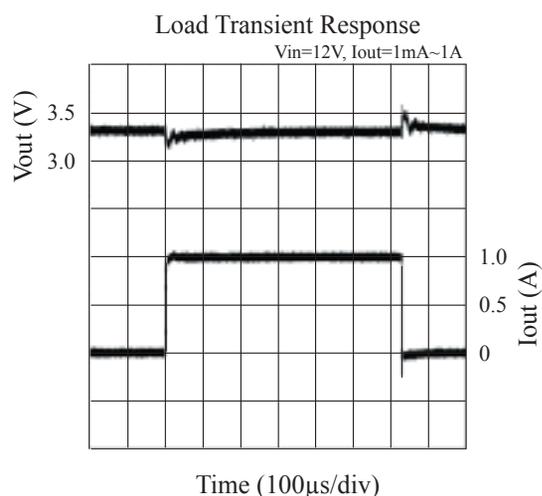
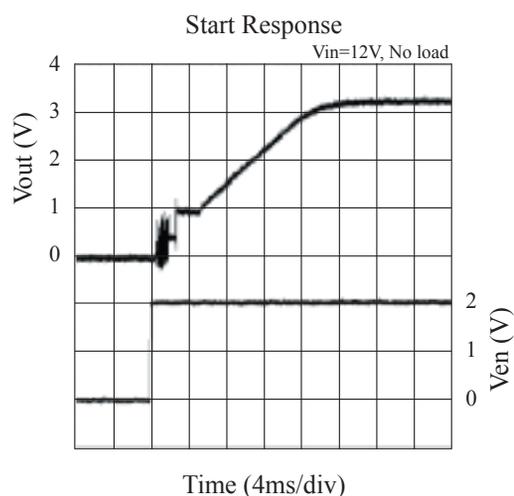
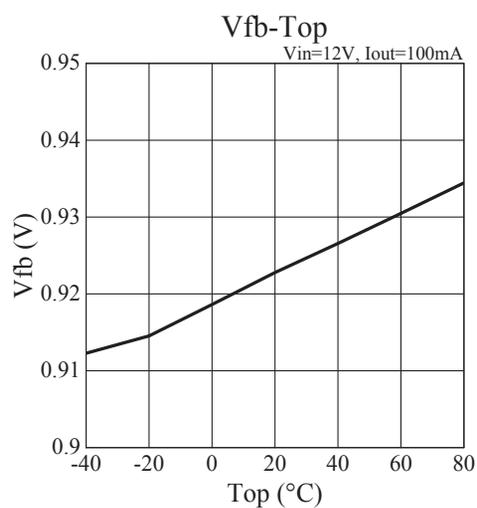
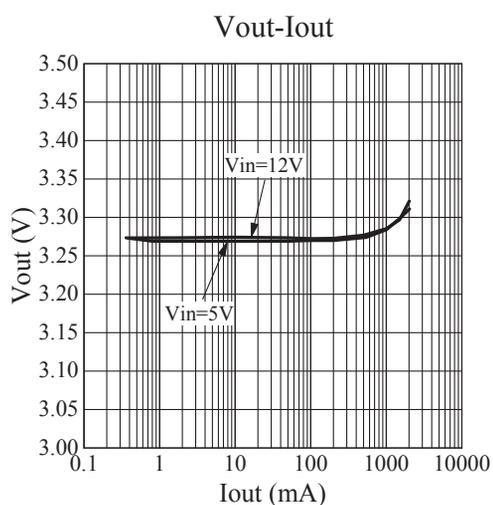
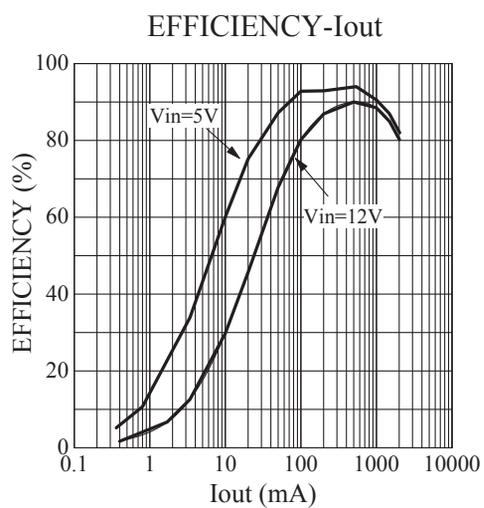
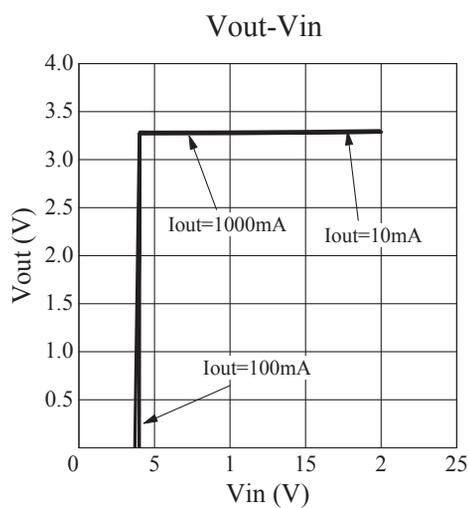
■標準特性曲線

- $V_{out}=1.8V$: $C_{in}=10\mu F$, $C_{out}=22\mu F$, $L=10\mu H$, $R1=9.5k$, $R2=10k$, $R3=15k$
 $C1=3.3nF$, $C2=0.1\mu F$, $C3=10nF$, $T_{op}=25^{\circ}C$



ELM613DA 2A 20V 高効率 同期整流 PWM 降圧 DC/DC コンバータ

- $V_{out}=3.3V$: $C_{in}=10\mu F$, $C_{out}=22\mu F$, $L=10\mu H$, $R1=12k$, $R2=4.7k$, $R3=15k$
 $C1=3.3nF$, $C2=0.1\mu F$, $C3=10nF$, $T_{op}=25^{\circ}C$



ELM613DA 2A 20V 高効率 同期整流 PWM 降圧 DC/DC コンバータ

- $V_{out}=5.0V$: $C_{in}=10\mu F$, $C_{out}=22\mu F$, $L=10\mu H$, $R1=30k$, $R2=6.8K$, $R3=15k$
 $C1=3.3nF$, $C2=0.1\mu F$, $C3=10nF$, $T_{op}=25^{\circ}C$

