

2016年9月

STA6940M データシート

Ver. 4.0

本資料は、DC ブラシモーター駆動用 IC STA6940M に関する情報をまとめたものです。

〔目次〕

1. はじめに.....	2
2. 特徴.....	2
3. 製品仕様.....	2
4. 減定格図.....	5
5. 外形図&捺印形状.....	5
6. 内部ブロック図&Pin 配列.....	6
7. 応用回路例.....	7
8. 真理値表.....	8
9. 回路構成（制御用 IC 部）.....	9
10. 機能説明.....	10
11. ご使用に際して.....	16
12. 熱設計資料.....	18
13. 代表特性例.....	20

1. はじめに

この度、新たに「**STA6940M**」をリリースすることになりました。
本資料は、「**STA6940M**」に関する情報をまとめたものです。

2. 特徴

- ・主電源電圧 $V_{BB}=44V(\text{max})$ ，実仕様：10V～40V
- ・Logic 電源電圧 $V_{DD}=3V\sim 5.5V$ 対応
- ・出力電流 I_o ：4A(ave)，8A(max)
- ・出力段全てに Nch MOS FET を使用し低損失化
- ・チャージポンプ回路内蔵
- ・正転／逆転／フリー／ブレーキ制御可能
- ・定電流制御可能
 - オフ時間：35 μs 固定(Slow Decay)
- ・過電流保護(OCP)回路内蔵
 - オフ時間：142 μs 固定(First Decay)
- ・過熱保護(TSD)回路内蔵
- ・ZIP タイプ 18pin モールドパッケージを採用(STA パッケージ)

3. 製品仕様

表 3-1 絶対最大定格 ($T_a=25^\circ\text{C}$)

項目	記号	規格値	単位	備考
主電源電圧	V_{BB}	44	V	
Logic 電源電圧	V_{DD}	6	V	
出力電圧	V_o	-1.0 ~ $V_{BB}+1.5$	V	
出力電流	$I_o(\text{max})$	8	A	100 μs 以下
Logic 入力電圧	V_{IN}	-0.3 ~ $V_{DD}+0.3$	V	
PWM REF 入力電圧	V_{PREF}	-0.3 ~ $V_{DD}+0.3$	V	
OCP REF 入力電圧	V_{OREF}	-0.3 ~ $V_{DD}+0.3$	V	
検出電圧	V_{RS}	-1 ~ 2	V	$t_w < 1\mu\text{s}$ は含まず
許容損失	P_D	2.7	W	DC 駆動
		3.0	W	PWM 駆動(Slow Decay)
		3.2	W	PWM 駆動(Fast Decay)
ジャンクション温度	T_j	150	$^\circ\text{C}$	
動作周囲温度	T_a	-20 ~ 85	$^\circ\text{C}$	
保存温度	T_{stg}	-30 ~ 150	$^\circ\text{C}$	

表 3-2 推奨動作範囲

項目	記号	規格値		単位	備考
		Min	Max		
主電源電圧	V _{BB}	10	40	V	
出力電流	I _o		4	A	
Logic 電源電圧	V _{DD}	3.0	5.5	V	V _{DD} サージ電圧は±0.5V 以下にして下さい。
PWM REF 入力電圧	V _{REF}		1	V	電流制御動作時
OCP REF 入力電圧	V _{OREF}		2	V	過電流制御動作時
ケース温度	T _c		85	°C	パッケージ裏面温度 No Fin 時

表 3-3 電気的特性

特に断りなき場合、T_a=25°C、V_{BB}=24V、V_{DD}=5V の条件となります

項目	記号	定格			単位	条件
		Min.	Typ.	Max.		
主電源電流	I _{BB}			20	mA	動作時
Logic 電源電流	I _{DD}			5	mA	
チャージポンプ電圧	V _{cp}		V _{BB} +5		V	V _{BB} =10V~40V
チャージポンプ発振周波数	F _{cp}		360		KHz	
主電源 低電圧保護電圧*	V _{UVBL}		7		V	
	V _{UVBH}		7.8		V	
Logic 電源 低電圧保護電圧*	V _{UVDL}		2.3		V	
	V _{UVDH}		2.5		V	
チャージポンプ電圧 低電圧保護電圧*	V _{UVC} L		3.8		V	
	V _{UVC} H		4		V	
出力MOSFET ON 抵抗	R _{ds(on)}		0.1	0.13	Ω	I _D =4A
出力MOSFET Di 順電圧	V _F		0.95		V	I _F =4A
出力MOSFET 耐圧	V _{DSS}	53			V	
Logic 入力電圧	V _{IL}			0.25V _{DD}	V	
	V _{IH}	0.75V _{DD}			V	
Logic 入力電流	I _{IL}		±1		μA	
	I _{IH}		±1		μA	
Logic 入力最大応答周波数	f _{clk}	100			KHz	Clock Duty=50%時

※各電源(3箇所)の低電圧保護機能が1つでも働いている場合は出力が Disable となります。

表 3-3 電気的特性(続き)

特に断りなき場合、 $T_a=25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{\text{BB}}=24\text{V}$ 、 $V_{\text{DD}}=5\text{V}$ の条件となります

項目	記号	定格			単位	条件
		Min.	Typ.	Max.		
PWM_REF 入力電圧	V_{PREF}	0.1		1.0	V	PWM_Ref 設定端子
PWM_REF 入力電流	I_{PREF}		± 10		μA	
OCP_REF 入力電圧	V_{OREF}	0.1		2.0	V	OCP_REF 設定端子
OCP_REF 入力電流	I_{OREF}		± 10		μA	
PWM 検出電圧	V_{PSEN}	V_{PREF} - 0.045	V_{PREF} - 0.015	V_{PREF} +0.015	V	Sense 端子
過電流検出電圧	V_{OSEN}	V_{OREF} - 0.045	V_{OREF} - 0.015	V_{OREF} +0.015	V	
Sense 入力電流	I_{SENSE}		± 20		μA	
Diag 出力電圧	V_{DIAGL}			1.25	V	$I_{\text{DIAGL}}=1.25\text{mA}$
Diag Output Voltage	V_{DIAGH}	$V_{\text{DD}}-1.25$			V	$I_{\text{DIAGH}}=-1.25\text{mA}$
Diag 出力電流	I_{DIAGL}			1.25	mA	$V_{\text{DIAGL}}=0.5\text{V}$
Diag Output Current	I_{DIAGH}	-1.25			mA	$V_{\text{DIAGH}}=V_{\text{DD}}-0.5\text{V}$
Diag 出力周波数	f_{DIAG}		90		KHz	PWM オフ期間内
PWM 最小オン時間 (ブランキング時間)	$t_{\text{on(min)}}$		5		μs	PWM 動作時
PWM オフ時間	t_{POFF}		35		μs	
OCP 最小オン時間	t_{OON}		5		μs	OCP 動作時
OCP オフ時間	t_{OOFF}		142		μs	
クロスオーバー カレントディレイ時間	t_{COCD}	150		750	ns	
スイッチング時間	t_{con}		3.0		μs	IN \rightarrow Out ON
	t_{coff}		2.7		μs	IN \rightarrow Out OFF
過熱保護動作温度	T_{tsdon}		140		$^{\circ}\text{C}$	パッケージ裏面温度
過熱保護解除温度	T_{tsdoff}		115		$^{\circ}\text{C}$	※飽和時

4. 減定格図

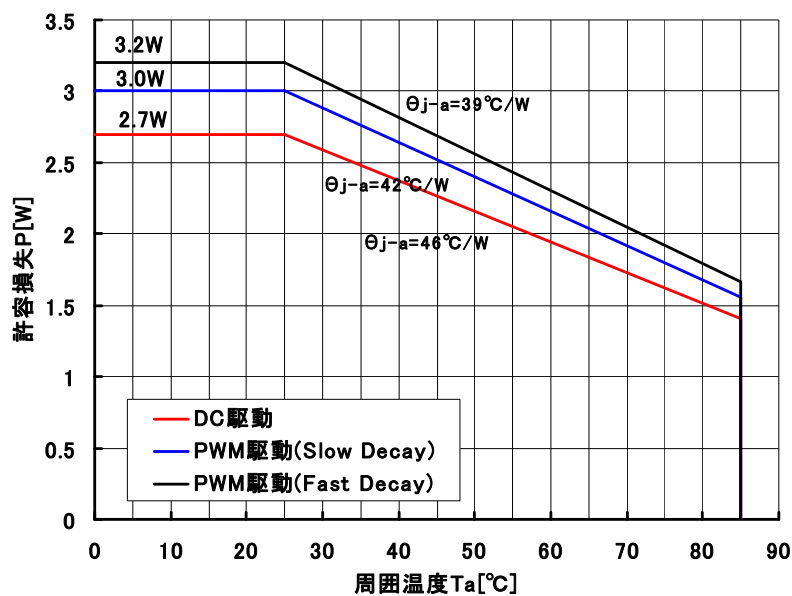
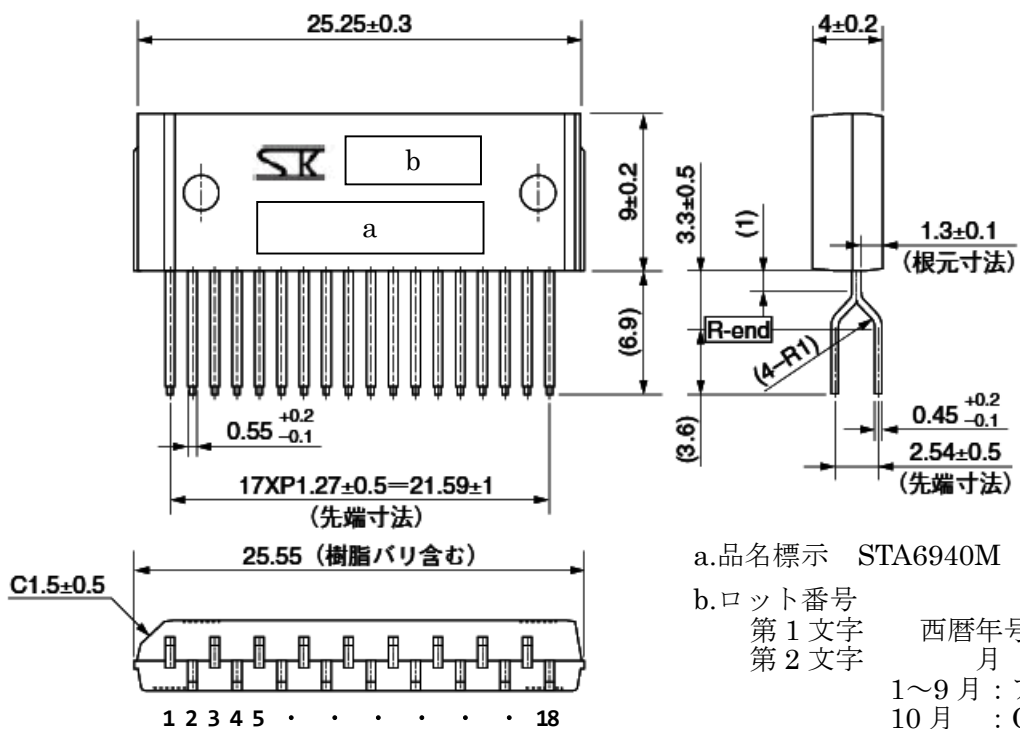


図 4-1 減定格図

5. 外形図&捺印形状



a. 品名標示 STA6940M

b. ロット番号

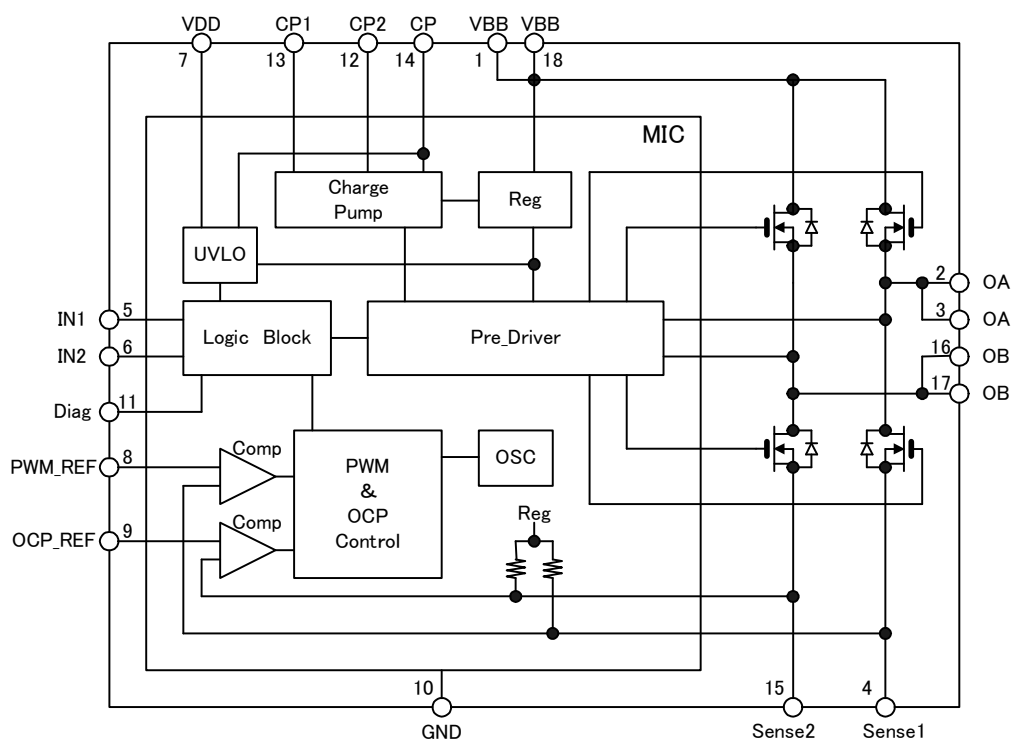
第 1 文字 西暦年号下一桁
 第 2 文字 月
 1~9 月 : アラビア数字
 10 月 : O
 11 月 : N
 12 月 : D
 第 3, 4 文字 製造日
 01~31 : アラビア数字

単位 : mm

- ・ 端子材質 : Cu
- ・ 端子処理 : Ni メッキ + 半田ディップ (鉛フリー)

6. 内部ブロック図&Pin 配列

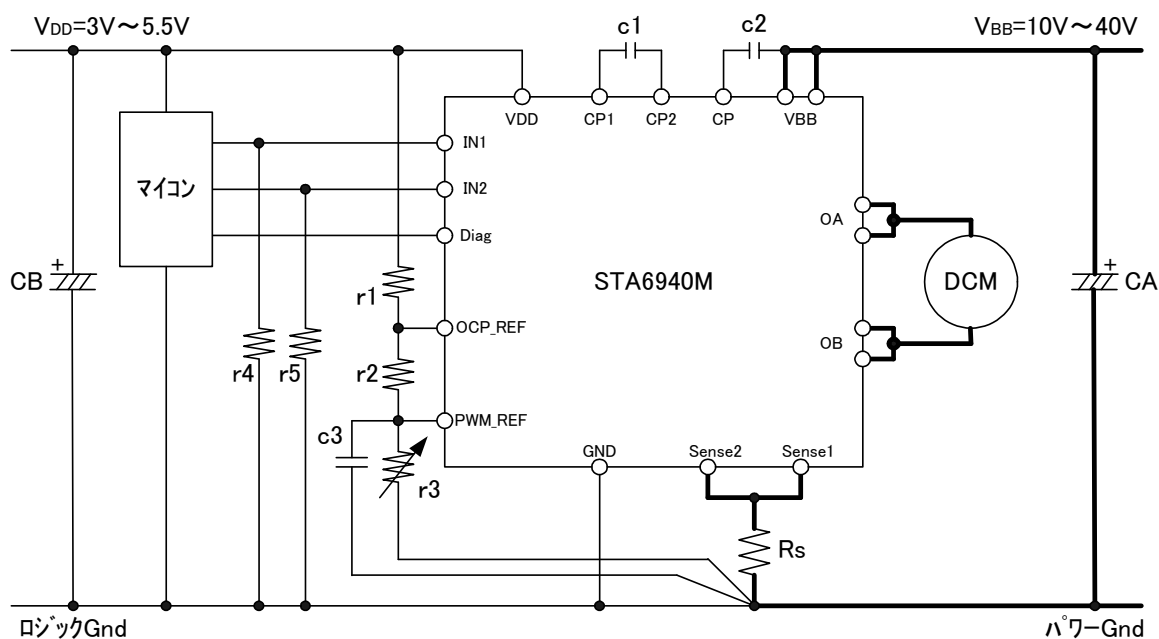
図 6-1 内部ブロック図



Pin 番号	記号	機能
1	V _{BB}	主電源端子 (モーター電源)
2	OA	モーター接続 A 端子
3		
4	Sense1	モーター定電流検出端子
5	IN1	正転/逆転/フリー/ブレーキ設定入力端子
6	IN2	
7	V _{DD}	ロジック電源端子
8	PWM_REF	定電流設定入力端子
9	OCP_REF	過電流設定入力端子
10	Gnd	製品 Gnd 端子
11	Diag	PWM 動作&過電流検知出力端子
12	CP2	チャージポンプ用コンデンサ接続端子
13	CP1	
14	CP	
15	Sense2	モーター過電流検出端子
16	OB	モーター接続 B 端子
17		
18	V _{BB}	主電源端子 (モーター電源)

※1pin と 18pin の V_{BB} 端子はパッケージ内で接続されています。

7. 応用回路例



参考定数

r1=3K Ω	CA=100 μ F/50V
r2=1K Ω	CB=10 μ F/10V
r3=1K Ω	c1=0.1 μ F
r4=10K Ω	c1=0.1 μ F
r5=10K Ω	c1=0.1 μ F
Rs=0.22 Ω	

※検出抵抗 R_s の損失を考慮してください(損失 $P \doteq I_o^2 \times R_s \times \text{On Duty}$)

☆出力(OA, OB)に - 1.0V以下の電圧が発生すると誤動作する場合がありますので、
各出力-Gnd間にショットキーバリアダイオードを取り付けて下さい。

☆特に VDD ラインのノイズに注意してください。

VDD ラインのノイズが 0.5V 以上になると製品が誤動作する場合がありますので、
Gnd パターンの引き回しには十分に注意してください。

製品 Gnd (10pin) 部から VDD 系 Gnd (S - Gnd) と VBB 系 Gnd (P - Gnd) を
分けるとノイズ低減の効果があります。

☆マイコン等で制御しない Logic 入力端子 (IN1, IN2) は、必ず VDD 又は Gnd に
プルアップ/プルダウンをしてください。オープンで使用した場合には製品が
誤動作します。

☆Logic 出力 (Diag) 端子を使用しない場合は、必ずオープンにして下さい。

☆Sense1 端子と Sense2 端子は、必ず両端子共に検出抵抗 R_s と接続してください。

片側の Sense 端子が外れるとドライバの破壊する恐れがあります。

8. 真理値表

(1)Logic 入力(IN 端子)

STA6940M の入力論理は表 8-1 ようになります。

表 8-1 入力論理

入力		出力		状態
IN1	IN2	OA	OB	
L	L	High Z	High Z	フリー
H	L	H	L	正転
L	H	L	H	逆転
H	H	L	L	ブレーキ

(2)Logic 出力(Diag 端子)

STA6940M は、ドライバの状態を示す Diag 出力を備えています。

表 8-2 に Diag の状態について示します。

表 8-2 Diag 出力状態

定電圧動作時	定電流 OFF 時間	保護機能動作時
High Level	発振 (90KHz)	Low Level

【ロジック端子に関しての注意】

ロジック入力(IN1, IN2)端子には、ノイズ耐量向上のためにローパスフィルター(LPF)を設けています。又、各入力端子は CMOS 構成となっているためハイインピーダンスになります。このため、ご使用の際は、「Low レベル」 or 「High レベル」に固定してご使用願います。

ロジック出力(Diag)端子は CMOS 構成となっていますので、電源や Gnd へ直接接続はしないでください。

9. 回路構成（制御用 IC 部）

【Reg】

出力 MOS FET のゲートドライブ回路(Pre-Drive)やリニア回路の動作に必要な電源を生成する内部レギュレータになります。

【UVLO】

主電源, Logic 電源 およびチャージポンプに加わった電圧がドライバを動作するうえで十分な電圧となって初めて出力がオンします。

各電源のうち 1 つでも規定値に達していない場合は、出力は Disable になります。

【Charge Pump】

Nch MOS FET で構成しているハイサイドゲートドライブ回路の供給源の電圧を生成しています。このブロックにはチャージポンプ用に360KHzの発振器を搭載しています。

【Pre Drive】

出力段の Nch MOS FET のゲートドライブ回路になります。

ハイサイドドライブはチャージポンプ回路、ローサイドドライブは Reg からの供給でドライブ電圧を生成しています。

【Current & OCP Control】

定電流制御および過電流動作時をコントロールするための回路です。

PWM_REF(定電流制御)と OCP_REF(過電流)に設定された電圧と検出電圧を比較し、それぞれオフ時間固定の制御を行います。

【OSC】

Current & OCP Control 内で生成するブランキング時間および各オフ時間を生成するための原発の発振器になります。

10. 機能説明

(1) 基本動作

① モーターフリー動作(IN1 : Low, IN2 : Low)

全ての MOS FET をオフした状態となりモーターコイルには電流が流れないためモーターはフリーの状態になります。

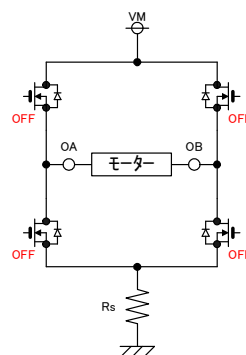


図 10-1 フリー動作

② モーター正転動作(IN1 : High, IN2 : Low)

OA 端子に繋がるハイサイド MOS FET と OB 端子に繋がるローサイド MOS FET がオンすることでモーターコイルに電流が流れモーターが回転する状態になります。

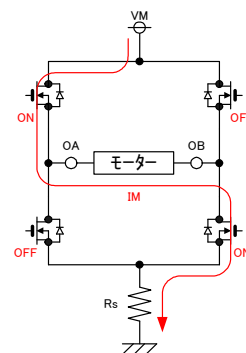


図 10-2 正転動作

③ モーター逆転動作(IN1 : Low, IN2 : High)

OA 端子に繋がるローサイド MOS FET と OB 端子に繋がるハイサイド MOS FET がオンすることでモーターコイルに電流が流れモーターが回転する状態になります。

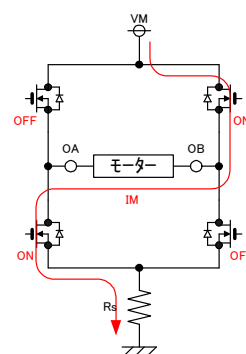


図 10-3 逆転動作

④モーターブレーキ動作(IN1 : High, IN2 : High)

OA 端子に繋がるローサイド MOS FET と OB 端子に繋がるローサイド MOS FET がオンすることでモーターコイル間を電氣的にショートした状態になります。

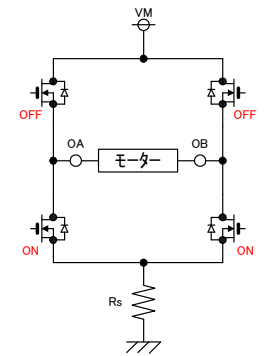


図 10-4 ブレーキ動作

(2)定電流動作(PWM)

モーター起動時の電流増加の制限や意図的に定電流駆動を行うことができます。

動作としては、モーター電流 I_M が流れる検出抵抗 R_s に発生する電圧が PWM_REF 端子で設定した電圧 V_{PREF} に達したところで定電流動作が行われます。モーター電流が定電流値に達した後逆起電力回生として $35 \mu s$ のオフ時間となります。このときの逆起電力の回生方法は、ローサイド側の MOS FET とモーターコイルのループで行われます (Slow Decay)。その後、オフ時間経過後に PWM オンした際にはリングングノイズの発生による誤動作を回避するため、 $5 \mu s$ の間はブランキング時間として定電流制御が無反応となる期間を設けています。

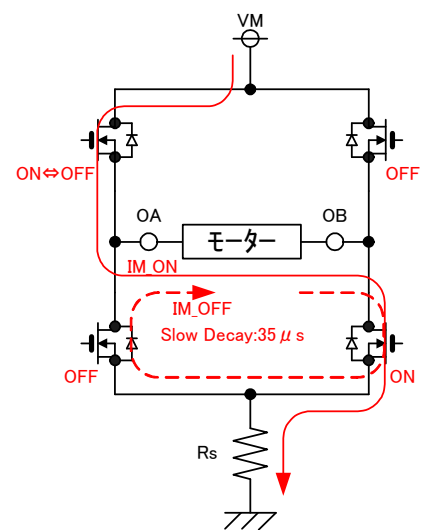
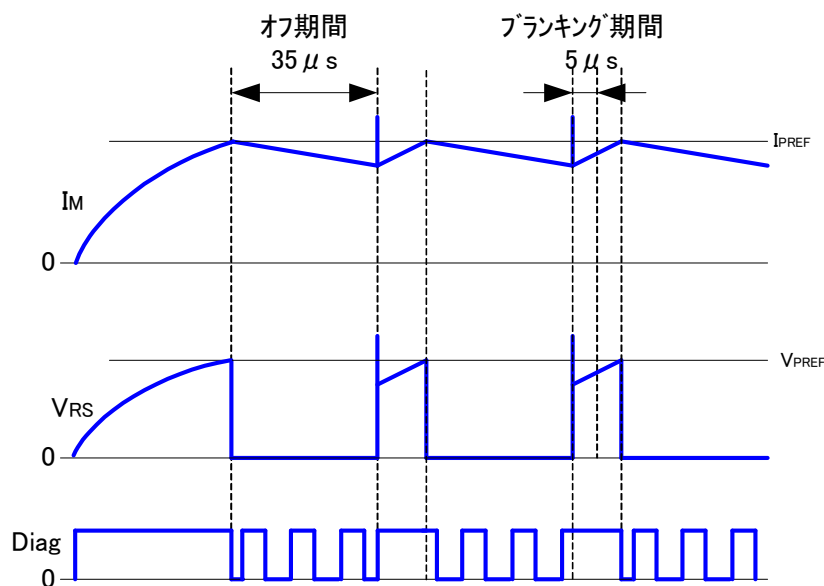


図 10-5 定電流動作



※PWM オフタイミングと Diag の発振は非同期です。

図 10-6 定電流動作波形図

(3) フェイズ PWM 制御

本製品に備わっている PWM 制御は上記で説明しましたようにブランキング時間とオフ時間が固定による制御になります。このため PWM_REF 端子を低下してもブランキング時には必ず電流が流れるため、ブランキング時間に流れる電流増加分と PWM オフ時間に回生する電流減少分の平衡がとれた電流が必ず流れてしまいそれ以下に電流値を下げることは出来ません。

この対策としては以下に説明します「フェイズ PWM」の制御が必要となります。

フェイズ PWM 制御は(2)項で説明した PWM 電流制御(内蔵コンパレータ制御)と異なり、外部の入力信号の ON/OFF Duty による PWM 制御になります。

フェイズ PWM 制御の回生方式として「Fast Decay モード」と「Slow Decay モード」が存在します。以下に各回生方式について説明します。

①Fast Decay モード

この方式は、回生時に出力 Disable 機能を応用した制御になります。つまり、回生時の入力条件には IN1 と IN2 を共に「Low レベル」に設定します。

設定電流値は、ON Duty とパルス周波数により設定します。

又、ON Duty は、50%より長く設定する必要があります。

入力パルス周波数(PWM 周波数)としては、30KHz～50KHz での設定をお勧めします。

【入力条件】

- ・正転時－IN1：パルス入力， IN2：Low 固定
- ・逆転時－IN1：Low 固定 ， IN2：パルス入力

以下に動作図および波形図を示します。

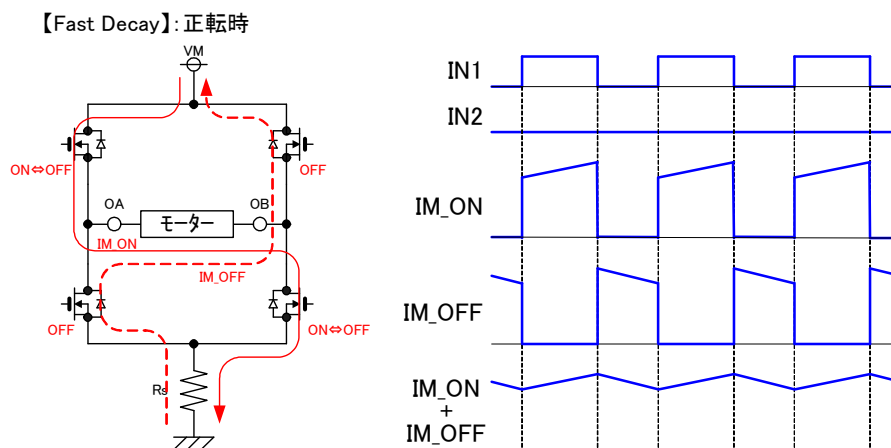


図 10-7 フェイズ PWM 制御(Fast Decay モード)

更に応用として、上記にて IN が Low 固定となっているところに、別の IN で入力しているパルス信号を反転した信号を入力することでドライバの発熱を低減する効果が期待できます。これは、上記で回生時に OFF している MOSFET を ON して回生する制御となり「同期整流制御」と呼んでいます。

②Slow Decay モード

この方式は、回生時にブレーキ機能を応用した制御になります。つまり、回生時の入力条件に IN1 と IN2 を共に「High レベル」に設定します。

設定電流値は、ON Duty とパルス周波数により設定します。

又、ON Duty は、50%より短く設定する必要があります。

入力パルス周波数(PWM 周波数)としては、30KHz~50KHz での設定をお勧めします。

【入力条件】

- ・正転時-IN1 : High 固定 , IN2 : パルス入力
- ・逆転時-IN1 : パルス入力 , IN2 : High 固定

以下に動作図および波形図を示します。

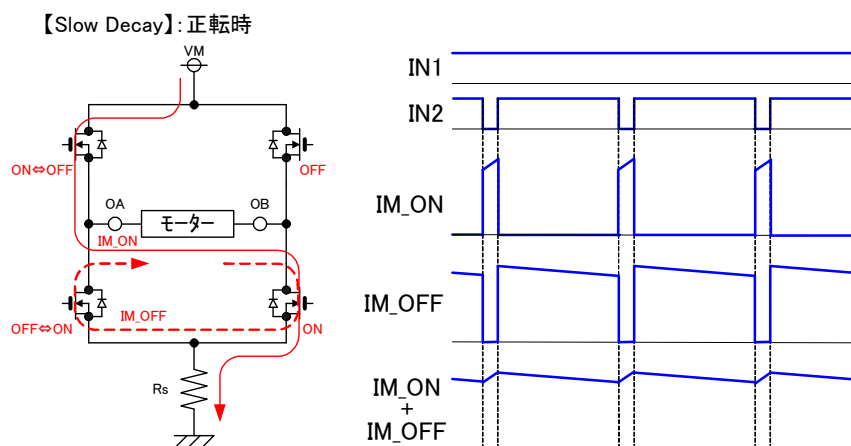


図 10-8 フェーズ PWM (Slow Decay モード)

(4)過電流動作(OCP)

モーター軸を外部からロック時やモーターコイルショートなどの過渡応答の速い過電流発生時の保護を行います。

動作としては、モーター電流 I_M が流れる検出抵抗 R_s に発生する電圧が OCP_REF 端子で設定した電圧に達したところで定電流動作が行われます。モーター電流が過電流値に達した後逆起電力回生として $142\mu s$ のオフ時間となります。このときの逆起電力の回生方法は、全ての MOS FET がオフになり電源に向かって回生されます(Fast Decay)。

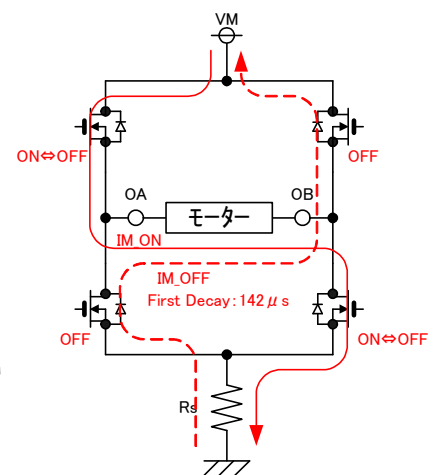


図 10-9 過電流動作

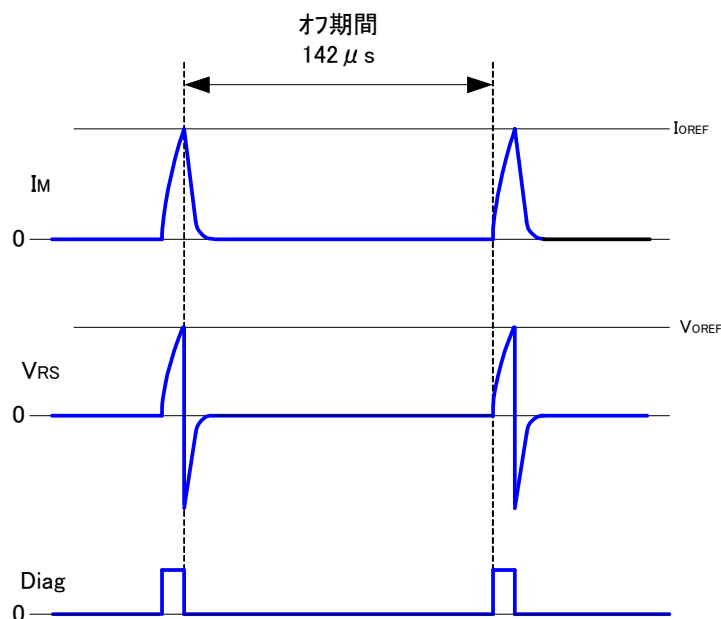


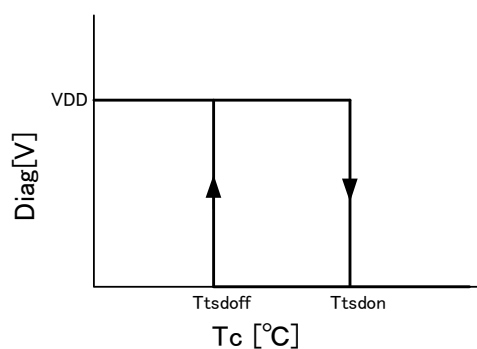
図 10-10 過電流時動作波形図

注意：過電流を検知してもドライバが Disable にはなりません。

(5) 過熱保護(TSD)

本製品には、加熱保護(TSD)を内蔵しております。本製品の TSD は自己復帰形となります。動作としては製品温度が上昇し、製品裏面温度が **Ttsdon** を超えたところで TSD が働き出力が全て **Disable** になります。その後製品温度が冷めて、製品裏面温度が **Ttsdoff** を下回ったところで出力が **Enable** に復帰します。

又、下記に TSD と Diag の関係図を示します。



注意)本製品の内部構成はマルチチップ構成(制御用 IC×1, MOSFET×4)になっています。実際に温度を検知する回路は制御用 IC になります。主な発熱源である MOSFET とは距離があるため熱の伝達が遅れます。このため、急激な温度変化には追従できません。

(6)定電流動作と過電流動作の設定について

定電流動作の基準電圧 V_{PREF} と過電流動作の基準電圧 V_{OREF} の設定は自由に設定することが出来ます。

① $V_{\text{PREF}} < V_{\text{OREF}}$ の場合

定電流機能優先の条件になります。

過電流動作が行われる条件は、定電流動作におけるブランキング時間($5\mu\text{s}$)より早く検出電圧 V_{RS} が V_{OREF} に達することで機能します。

② $V_{\text{PREF}} > V_{\text{OREF}}$ の場合

定電流機能を働かせずに過電流動作優先の条件になります。

(7)定電圧保護(UVLO)

主電源電圧 V_{BB} 、ロジック電源電圧 V_{DD} 、チャージポンプ電圧 V_{CP} ($V_{\text{CP}} - V_{\text{BB}}$)のそれぞれの端子に加わる電圧が規定値を越えないと出力が **Enable** になりません。

※チャージポンプ電圧 V_{CP} は製品に内蔵されているチャージポンプ回路と外付けのコンデンサにより昇圧されます。

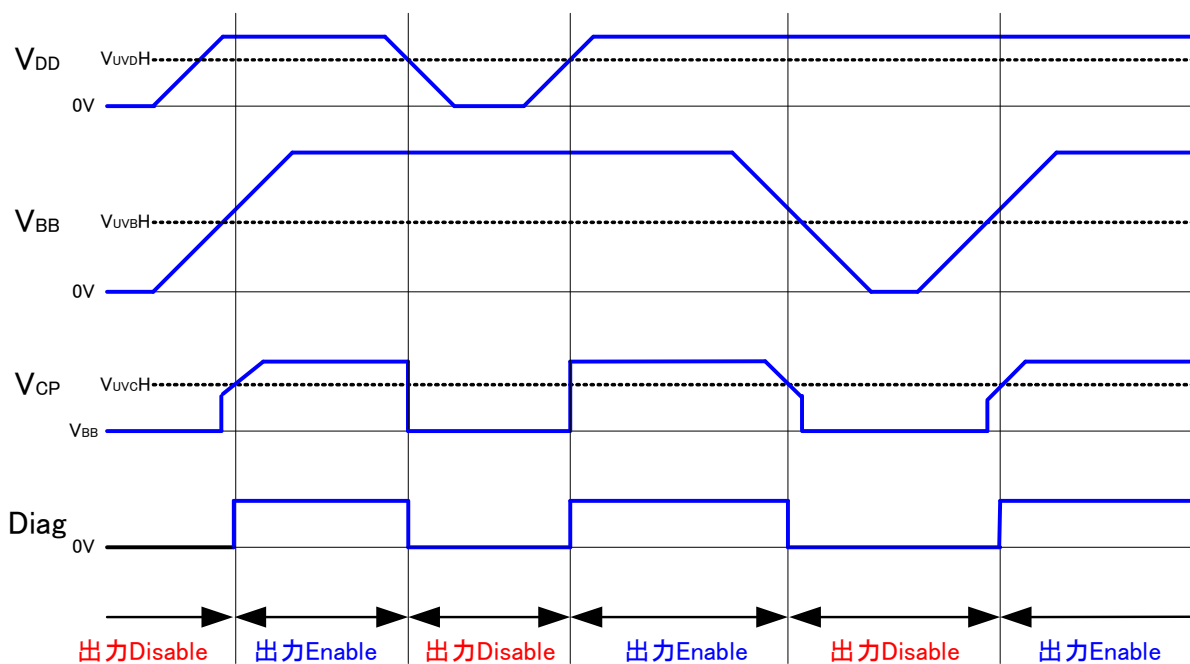


図 10-11 電源シーケンス図

※ V_{BB} および V_{DD} の電源シーケンスに制約はありません。

11. ご使用に際して

(1)PWM 制御時のモーター電流の定数設定 (r1, r2, r3, Rs)

STA6940M における PWM 制御のモーター電流 I_o の設定方法は、外付けする部品の $r1, r2, r3, Rs$ の定数により決まります(7項の応用回路例より)。
以下に I_o を求める計算式を示します。

$$I_o = \left(\frac{r3}{r1+r2+r3} \times V_{DD} - 0.015 \right) \div Rs \quad \dots \dots \text{式①}$$

※2 重下線の項は基準電圧 V_{PREF} になります。

V_{PREF} を 0.1V 以下に設定すると製品のバラツキや配線パターンのインピーダンス等の影響を受け電流精度が低下する可能性が高くなります。

STA6940M は、OFF 時間固定の他励式 PWM 電流制御方式を採用しています。
固定されている PWM オフ時間内にモーターコイルに蓄えられたエネルギーが解消してしまうとコイル電流は図 11-1 に示すような断続した電流として流れます。
つまり、PWM による平均電流が低下し、モータートルクも低下します。

このコイルに電流が断続的に流れ始める状態を制御電流の下限値と弊社では考えています。

制御電流値をこの下限値以下に設定しても製品が破壊することはありませんが、設定電流に対し制御電流が悪化します。

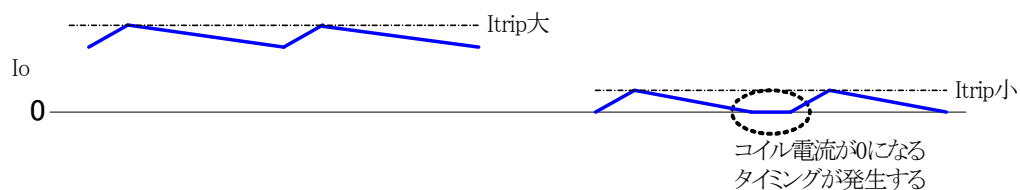


図 11-1 制御電流下限モデル波形

(2)過電流保護の定数設定

上記(1)項と同様に 7 項の応用回路例を用いた際の過電流設定 I_{ocp} の計算式を示します。

$$I_{ocp} = \left(\frac{r2+r3}{r1+r2+r3} \times V_{DD} - 0.015 \right) \div Rs \quad \dots \dots \text{式②}$$

※2 重下線の項は基準電圧 V_{OREF} になります。

(3)電源 (VBB、VDD) の ON/OFF シーケンスに関して

本製品は、主電源 V_{BB} とロジック電源 V_{DD} の ON/OFF の順序に制限はありません。

(4)内部ロジック回路に関して

・入力端子 (IN1,IN2)

使用しない端子 (論理レベル固定) がある場合には、オープンとはせず、**V_{DD} または GND** へ接続をしてください。

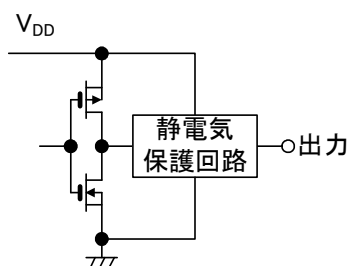
オープンで使用した場合、製品が予期せぬ動作をする可能性があります。

・出力端子 (Diag 端子)

Diag 端子は、図 11-2 の等価回路に示すように、CMOS 出力となっています。

このため **Diag 端子を使用しない場合は、必ずオープン**としてください。

図 11-2 Diag 端子内部等価回路



(4)PWM_REF, OCP_REF に関して

応用回路例のように、これらの端子を VDD から抵抗分圧して入力するような回路構成の場合、VDD 端子の電圧が上昇するのと同じように、これらの端子電圧も上昇します (図 11-3)。

電源立ち上げ時、VDD 電圧が上昇して低電圧保護機能のしきい値電圧 (V_{UVDH}) を超えると、製品は **Enable** 状態となります (ただし、他の保護機能が動作していないとき)。

したがって、IN 端子が出力オンとなる状態で VDD を立ち上げた場合には、低電圧保護機能が解除されて動作を開始すると同時に出力オンとなります。

つまり VDD 電圧が、低電圧保護が解除されてから所定の電圧に上昇するまでの期間、PWM や OCP の基準は所定の電圧より低い状態となります (図中↓で示した幅)。

これにより、製品設計よりも低い電流値で PWM や OCP の動作をする場合がありますので、注意願います。

なお VBB や他の電源ラインで生成した場合でも、同様の状態となることが考えられますので、同様に注意願います。

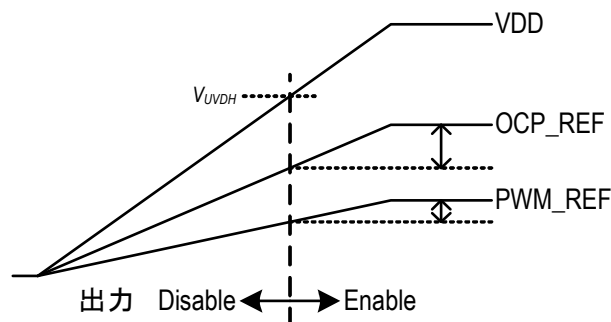


図 11-3

12. 熱設計資料

STA6940M の損失を正確に算出するには、モーターの実動作時の時定数や励磁モード、入力周波数及びそのシーケンス等、変動するパラメータが必要になり現実的ではありません。そこで、まずワースト条件にて、近似計算にて算出します。最小限のパラメータのみを抽出した損失の計算式は以下の通りです。

①低電圧(DC)駆動時

$$P = I_o^2 \times R_{DS(on)} \times 2$$

②定電流(PWM)駆動時

$$P = I_o^2 \times R_{DS(on)} \times 2 \times \frac{t_{ON}}{t_{ON} + t_{OFF}} + (I_o^2 \times R_{DS(on)} + V_F \times I_o) \times \frac{t_{OFF}}{t_{ON} + t_{OFF}}$$

P	:	製品損失
I _o	:	動作電流 ≒ I _o
R _{DS(on)}	:	搭載 MOSFET のオン抵抗
R _s	:	搭載検出抵抗
V _F	:	搭載 MOSFET ボディダイオード
t _{ON}	:	PWM オン時間
t _{OFF}	:	PWM オフ時間

上記にて算出した製品損失を元に、Fig12 - 1 の温度上昇曲線を用いて製品のジャンクション温度を推定します。

この時、最悪条件（動作周囲温度の最大値）にて、ジャンクション温度が 150°C を超えなければ問題はありますが、最終判断は実動作における製品発熱を測定し、Fig12 - 1 より損失およびジャンクション温度を確認してください。

製品に放熱板を付けて使用される場合、ΔT_{j-a} を算出するパラメータの中で製品の熱抵抗 θ_{j-a} が変化します。

この値は、放熱板の熱抵抗を θ_{FIN} とすると

$$\theta_{j-a} \approx \theta_{j-c} + \theta_{FIN} = (\theta_{j-a} - \theta_{c-a}) + \theta_{FIN}$$

となり、この式で算出した θ_{j-a} の値を代わりに使用して計算します。

また、実動作にて製品温度を測定しジャンクション温度を推定する場合は、次のように考えます。

まず、製品の樹脂捺印面の中央部の温度上昇を測定します(ΔT_{c-a})。

この温度上昇から前頁の温度上昇曲線グラフを見て、損失 P とジャンクション温度 T_j を推定します。

この際、製品の温度上昇 ΔT_{c-a} とジャンクション上昇温度 ΔT_j の関係は、

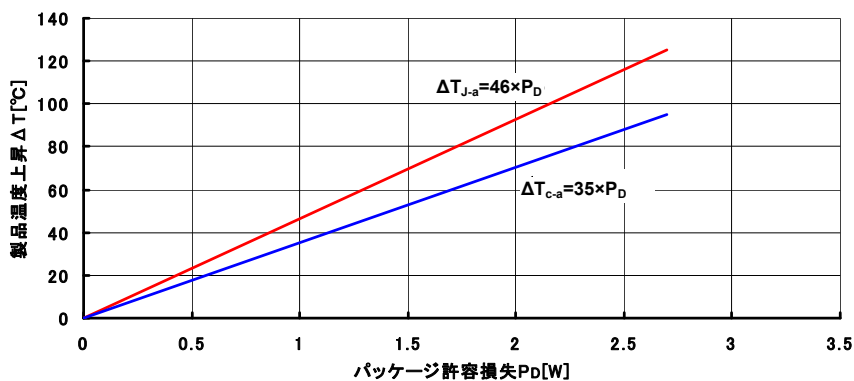
以下の計算式で近似できます。

$$\Delta T_j \approx \Delta T_{c-a} + P \times \theta_{j-c}$$

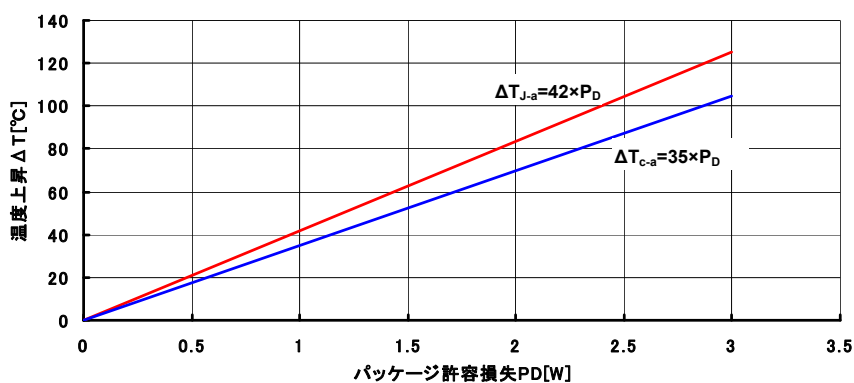
になります。

Fig12-1 製品温度上昇特性

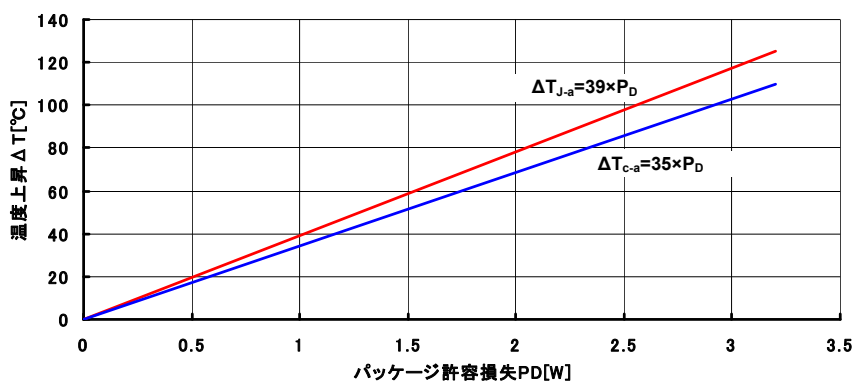
2ch通電時:通常DC駆動



3ch通電時:PWM動作(Slow Decay)



4ch通電時:フェイズPWM(Fast Decay)

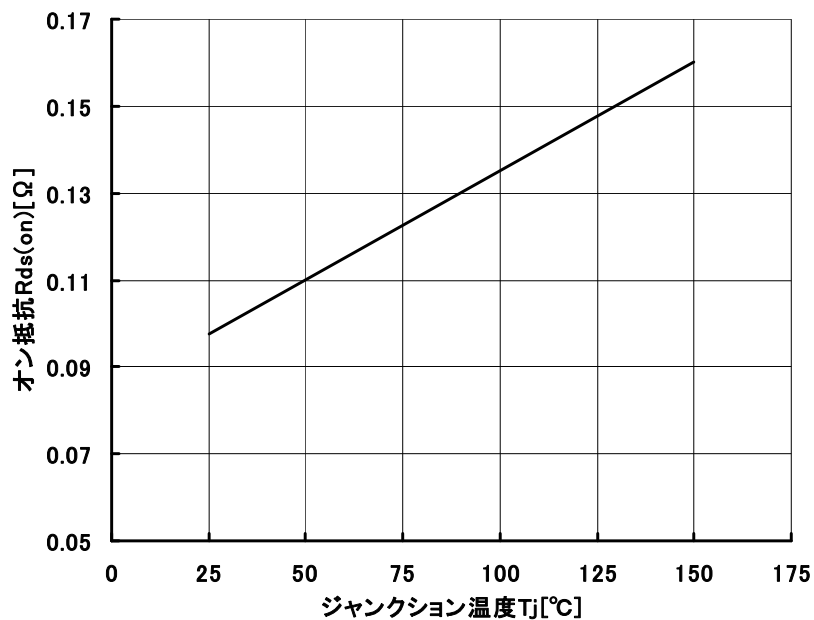
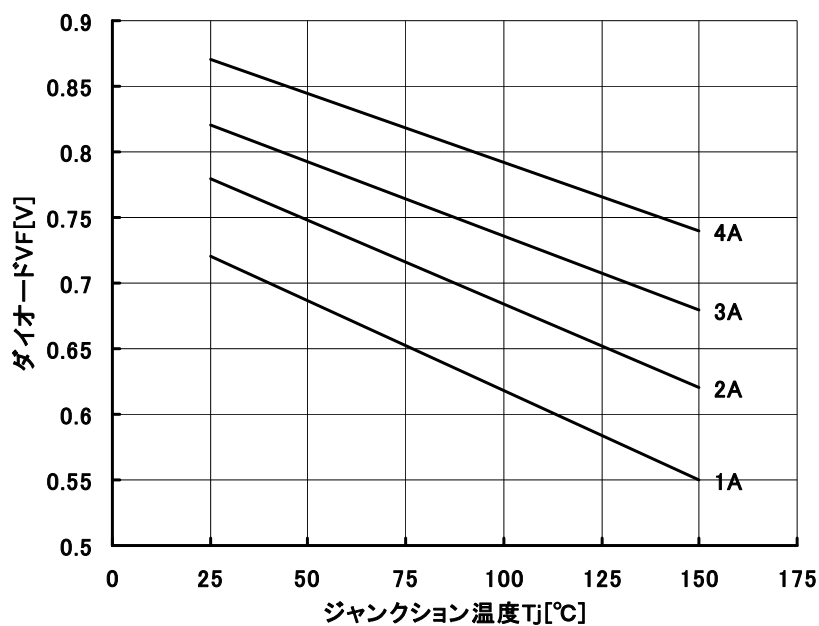


☆注意事項

- ・ジャンクション温度が保証値（150°C）を超えないよう十分な熱評価をお願いします。
 - ・この熱設計資料は、実際に製品を動作させる前にどの程度まで使用できるかを検討するための資料です。
- 最終的には、実機にて製品発熱を確認して判断して下さい。
- 製品発熱の最大推奨値は以下のようになります。

・ No Fin 時 : $T_c = 85^\circ\text{C max}$

13. 代表特性例

(1)出力 MOS FET オン抵抗 $R_{DS(on)}$ 特性 : 1 石分(2)出力 MOS FET ボディダイオード順方向電圧 V_F 特性 : 1 石分

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、表その他のすべての内容は本書発行時点のものとなります。本書に記載している内容は、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弊社販売窓口にご確認ください。
- 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。ご使用の際には、納入仕様書に署名または記名押印のうえご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・防犯装置、各種安全装置など）への使用をご検討の際には、必ず事前にその使用の適否につき弊社販売窓口へご相談および納入仕様書に署名または記名押印のうえご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によりお客様または第三者に生じた損害などに関し、弊社は一切その責任を負いません。
- 本製品の使用にあたり、本製品に他の製品・部材を組み合わせる場合、あるいはこれらの製品に物理的、化学的、その他何らかの加工・処理を施す場合には、使用者の責任においてそのリスクを必ずご検討のうえ行ってください。
- 弊社は品質、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。本製品の故障により結果として、人身事故、火災事故、社会的な損害などが発生しないよう、故障発生率およびディレーティングなどを考慮のうえ、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内容を、文書による弊社の承諾なしに転記・複製することを禁じます。
- 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、これらに起因する使用者もしくは第三者のいかなる損害および知的財産権を含む財産権その他一切の権利の侵害問題について、弊社は一切責任を負いません。
- 本書に記載している技術情報（以下、「本技術情報」という）は、本製品の使用上の参考として示したもので、弊社の所有する知的財産権その他権利の実施、使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）ならびに本書に記載の情報（正確性、有用性、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。
- 本製品を使用する場合は、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令など、適用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使用してください。
- 本製品および本技術情報を、大量破壊兵器の開発を含む、軍事用途や軍事利用の目的で使用しないでください。また、本製品および本技術情報を輸出または非居住者などに提供する場合は、「米国輸出管理規則」、「外国為替及び外国貿易法」など、各国の適用のある輸出管理法令などを遵守してください。
- 弊社物流網以外での本製品の落下などの輸送中のトラブルについて、弊社は一切責任を負いません。
- 本書は、正確を期すため慎重に製作したのですが、弊社は本書に誤りが無いことを保証するものではなく、万一本書に記載している内容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、弊社は一切責任を負いません。
- 本製品を使用するときに特に注意することは納入仕様書、一般的な使用上の注意は弊社ホームページを参照してください。
- 本書で使用される個々の商標、商号に関する権利は、弊社その他の原権利者に帰属します。

DSGN-CJZ-16002