

2012年7月

# STA6940M アプリケーションノート

Ver. 3.4

部署名

MCD 事業部低圧モータグループ

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。

本資料には開発中の製品も含まれておりますので、暫定的な内容が含まれています。最新情報に関しては、弊社担当部門までお問合せ願います。

## 〔目次〕

1. はじめに.....	2 頁
2. 特徴.....	2 頁
3. 製品仕様.....	2 頁
4. 減定格図.....	5 頁
5. 外形図&捺印形状.....	5 頁
6. 内部ブロック図&Pin 配列.....	6 頁
7. 応用回路例.....	7 頁
8. 真理値表.....	8 頁
9. 回路構成 (制御用 IC 部).....	9 頁
10. 機能説明.....	10 頁
11. ご使用に際して.....	16 頁
12. 熱設計資料.....	17 頁
13. 代表特性例.....	20 頁

## 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  $\mu$ s 固定(Slow Decay)
- ・ 過電流保護(OCP)回路内蔵
  - オフ時間：142  $\mu$ s 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 (Ta=25°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	100us 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	°C	
動作周囲温度	$T_a$	-20 ~ 85	°C	
保存温度	$T_{stg}$	-30 ~ 150	°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、 $T_a=25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{BB}=24\text{V}$ 、 $V_{DD}=5\text{V}$  の条件となります

項目	記号	定格			単位	条件
		Min.	Typ.	Max.		
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	$V_{BB}=10\text{V}\sim 40\text{V}$
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	$\Omega$	$I_D=4\text{A}$
出力MOSFET Di 順電圧	$V_F$		0.95		V	$I_F=4\text{A}$
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		$\mu\text{A}$	
	$I_{IH}$		±1		$\mu\text{A}$	
Logic 入力最大応答周波数	$f_{clk}$	100			KHz	Clock Duty=50%時
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		$\mu\text{A}$	
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		$\mu\text{A}$	

\*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 検出電圧	$V_{\text{PSEN}}$	$V_{\text{PREF}}$ - 0.045	$V_{\text{PREF}}$ - 0.015	$V_{\text{PREF}}$ +0.015	V	Sense 端子
過電流検出電圧	$V_{\text{OSEN}}$	$V_{\text{OREF}}$ - 0.045	$V_{\text{OREF}}$ - 0.015	$V_{\text{OREF}}$ +0.015	V	
Sense 入力電流	$I_{\text{SENSE}}$		$\pm 20$		$\mu\text{A}$	
Diag 出力電圧	$V_{\text{DIAGL}}$			1.25	V	$I_{\text{DIAGL}}=1.25\text{mA}$
Diag Output Voltage	$V_{\text{DIAGH}}$	$V_{\text{DD}}-1.25$			V	$I_{\text{DIAGH}}=-1.25\text{mA}$
Diag 出力電流	$I_{\text{DIAGL}}$			1.25	mA	$V_{\text{DIAGL}}=0.5\text{V}$
Diag Output Current	$I_{\text{DIAGH}}$	-1.25			mA	$V_{\text{DIAGH}}=V_{\text{DD}}-0.5\text{V}$
Diag 出力周波数	$f_{\text{DIAG}}$		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		$\mu\text{s}$	PWM 動作時
PWM オフ時間	$t_{\text{POFF}}$		35		$\mu\text{s}$	
OCP 最小オン時間	$t_{\text{OON}}$		5		$\mu\text{s}$	OCP 動作時
OCP オフ時間	$t_{\text{OOFF}}$		142		$\mu\text{s}$	
クロスオーバー カレントディレイ時間	$t_{\text{COCD}}$	150		750	ns	
スイッチング時間	$t_{\text{con}}$		3.0		$\mu\text{s}$	IN → Out ON
	$t_{\text{coff}}$		2.7		$\mu\text{s}$	IN → Out OFF
過熱保護動作温度	$T_{\text{tsdon}}$		140		$^{\circ}\text{C}$	パッケージ裏面温度 ※飽和時
過熱保護解除温度	$T_{\text{tsdoff}}$		115		$^{\circ}\text{C}$	

4. 減定格図

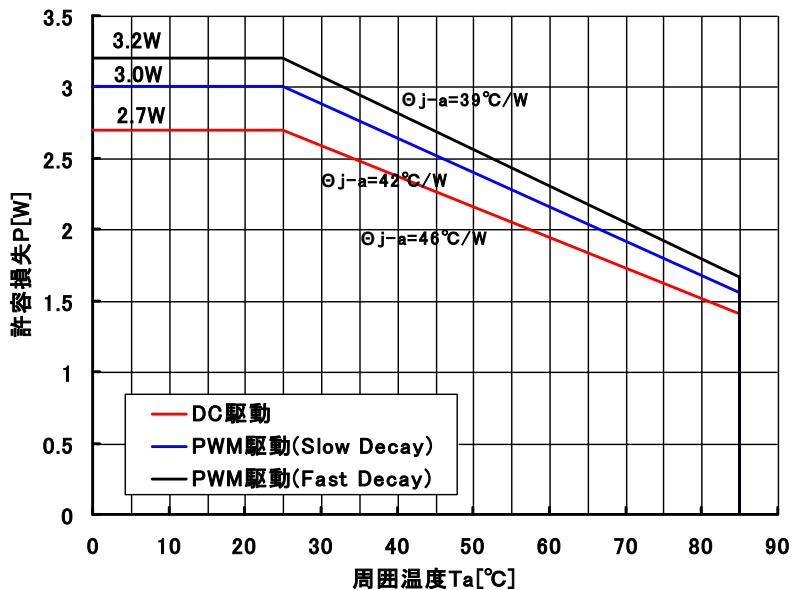
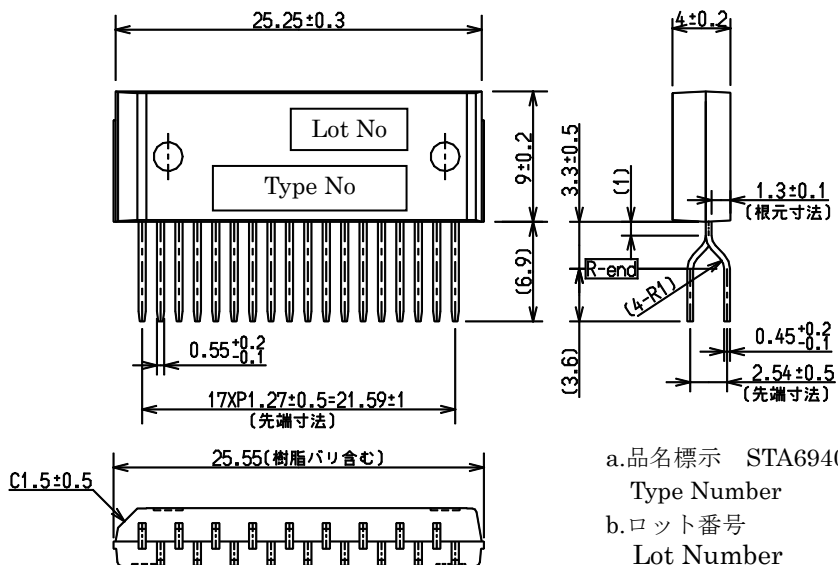


図 4-1 減定格図

5. 外形図&捺印形状



a. 品名標示 STA6940M

Type Number

b. ロット番号

Lot Number

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.)

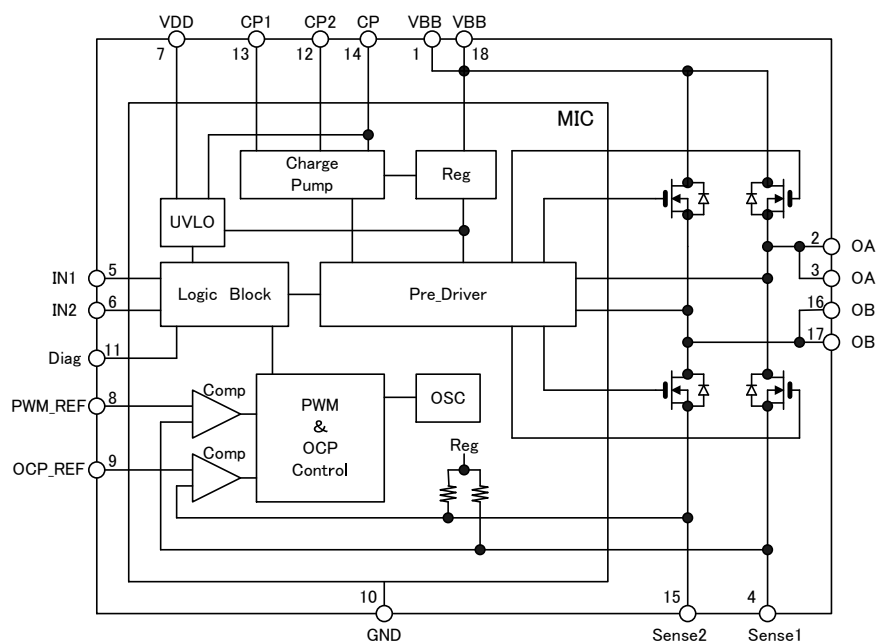
第 3, 4 文字 製造日  
 3rd & 4th letter day  
 01~31 : アラビア数字  
 Arabic Numerals

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

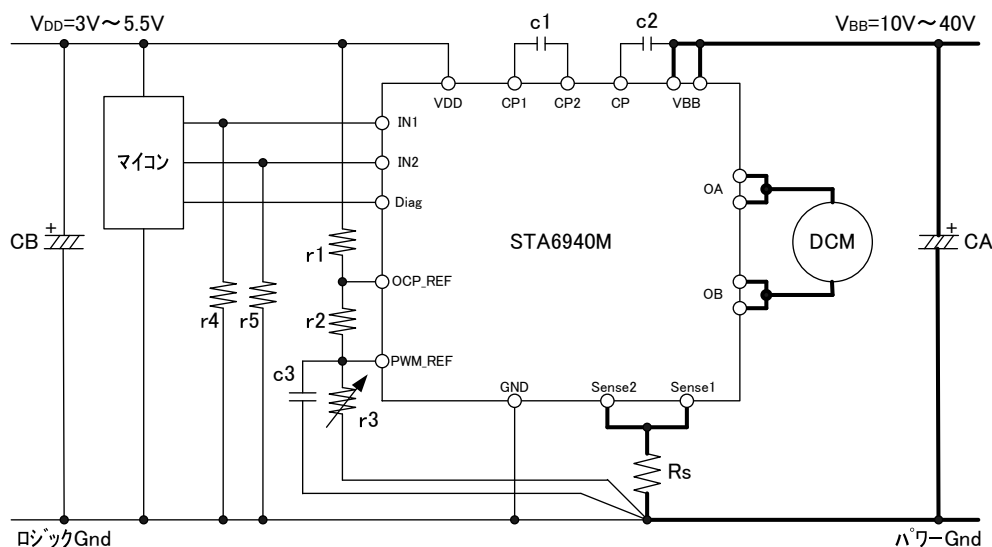
図 6-1 内部ブロック図



Pin 番号	記号	機能
1	V <sub>BB</sub>	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 <sub>DD</sub>	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 <sub>BB</sub>	主電源端子 (モーター電源)

※1pin と 18pin の V<sub>BB</sub> 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

$$r1 = 3K\Omega$$

$$r2 = 1K\Omega$$

$$r3 = 1K\Omega$$

$$r4 = 10K\Omega$$

$$r5 = 10K\Omega$$

$$R_s = 0.22\Omega$$

$$CA = 100\mu F/50V$$

$$CB = 10\mu F/10V$$

$$c1 = 0.1\mu F$$

$$c2 = 0.1\mu F$$

$$c3 = 0.1\mu F$$

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

☆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

#### 【ロジック端子に関する注意】

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。

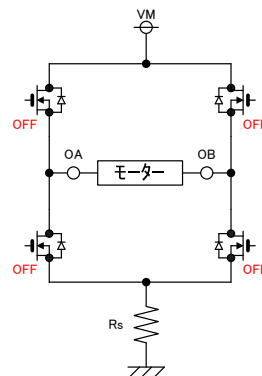


図 10-1 フリー動作

## 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。

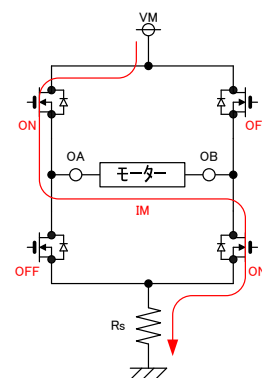


図 10-2 正転動作

## 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。

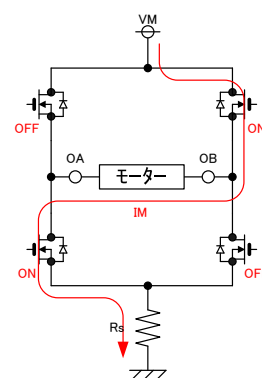


図 10-3 逆転動作

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。

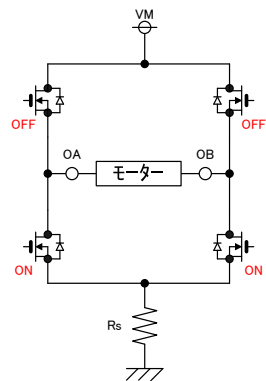


図 10-4 ブレーキ動作

(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。

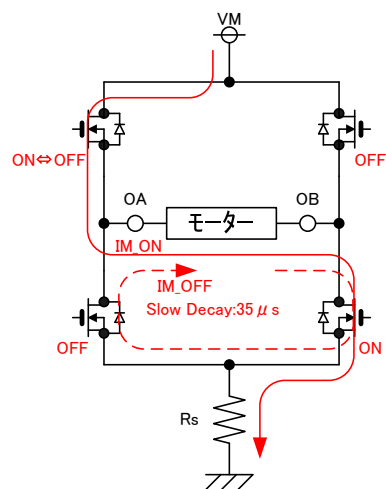
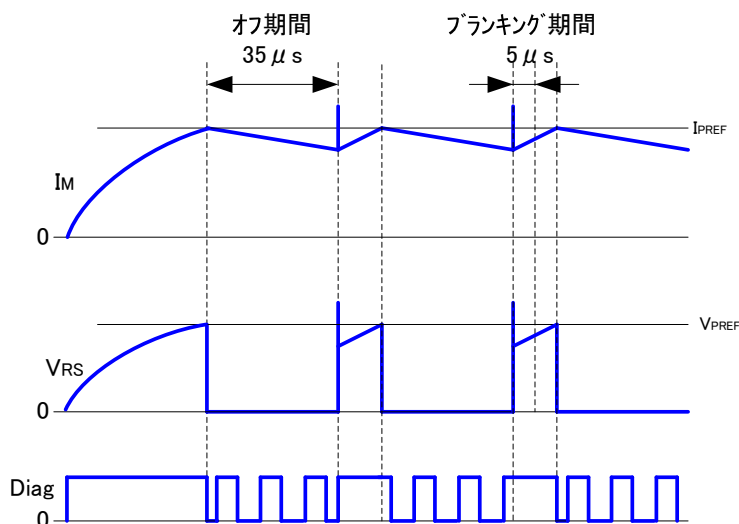


図 10-5 定電流動作



※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間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。

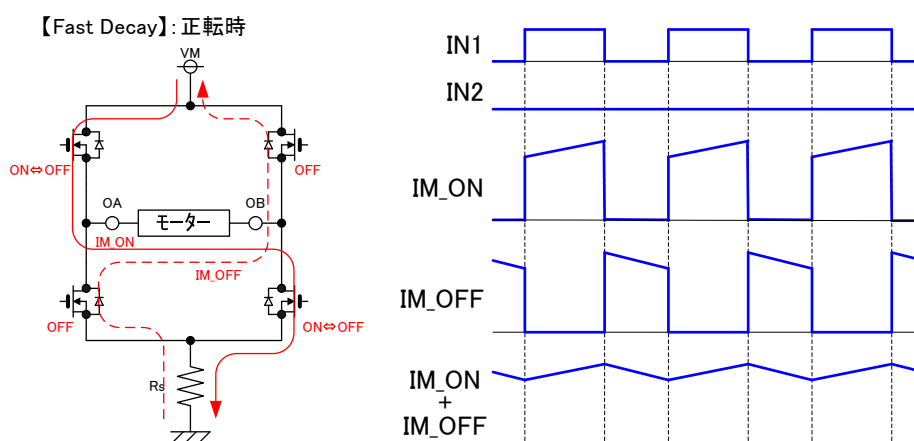


図 10-7 フェイズ PWM 制御(Fast Decay モード)

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。

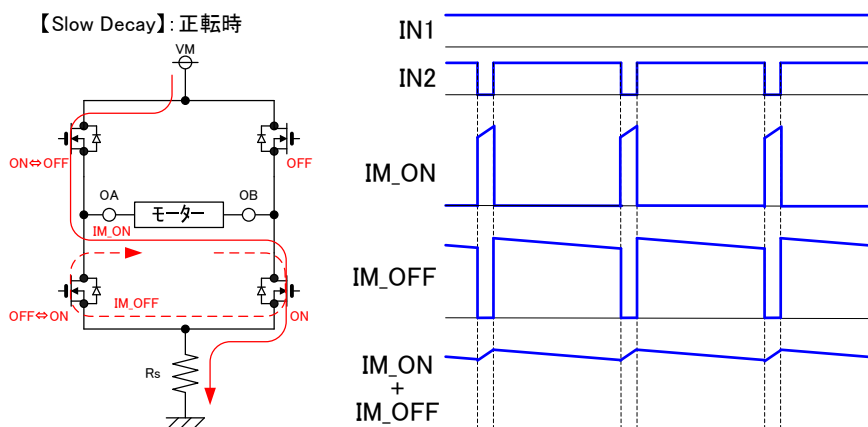


図 10-8 フェイズ PWM (Slow Decay モード)

(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)。

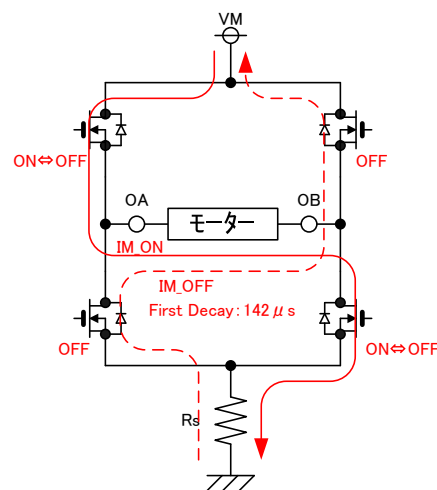


図 10-9 過電流動作

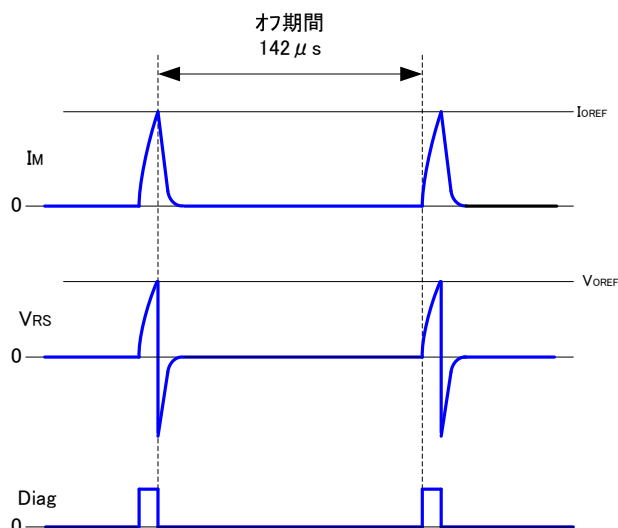


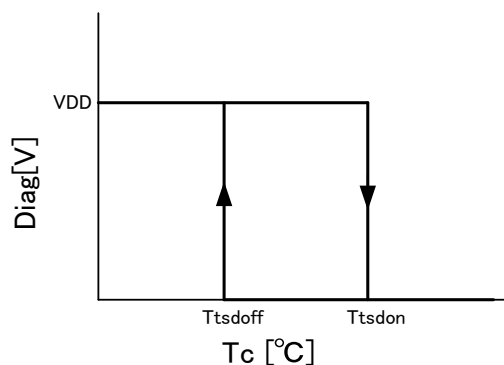
図 10-10 過電流時動作波形図

**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  $V_{\text{PREF}}$  と過電流動作の基準電圧  $V_{\text{OREF}}$  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  $V_{\text{RS}}$  が  $V_{\text{OREF}}$  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  $V_{\text{BB}}$ 、ロジック電源電圧  $V_{\text{DD}}$ 、チャージポンプ電圧  $V_{\text{CP}}$ ( $V_{\text{CP}} - V_{\text{BB}}$ )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  $V_{\text{CP}}$  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。

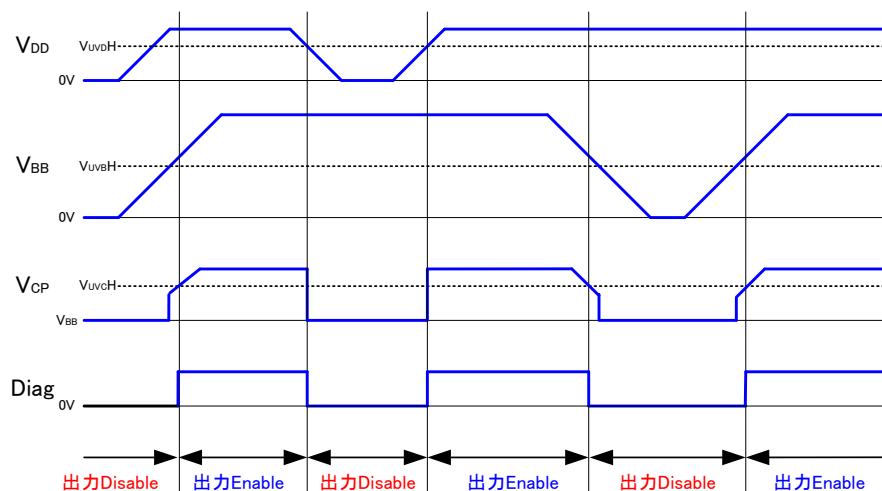


図 10-11 電源シーケンス図

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

## 1.1. 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  $r1$ ,  $r2$ ,  $r3$ ,  $R_s$  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。

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

※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。

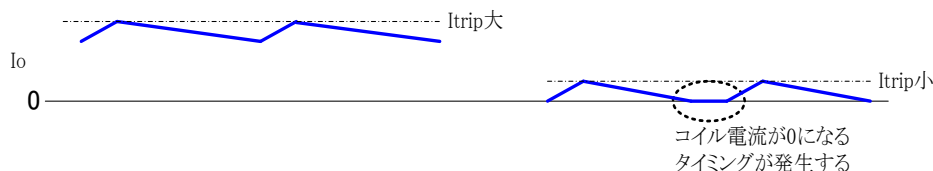


図 11-1 制御電流下限モデル波形

### (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。

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

※2 重下線の項は基準電圧  $V_{OREF}$  になります。

### (3) 電源 ( $V_{BB}$ , $V_{DD}$ ) 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、オープンとはせずに、**V<sub>DD</sub>** または **GND** へ接続をしてください。

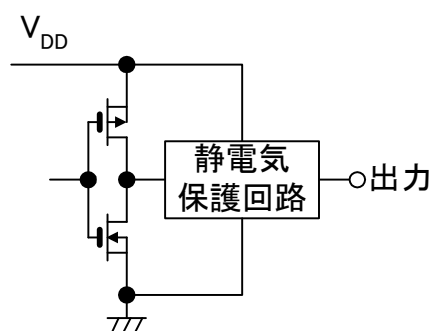
オープンで使用した場合、製品が予期せぬ動作をする可能性があります。

## ・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



## 1 2. 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<sub>o</sub> : 動作電流 ≒ I<sub>o</sub>

R<sub>DS(on)</sub> : 搭載 MOSFET のオン抵抗

R<sub>s</sub> : 搭載検出抵抗

V<sub>F</sub> : 搭載 MOSFET ボディダイオード

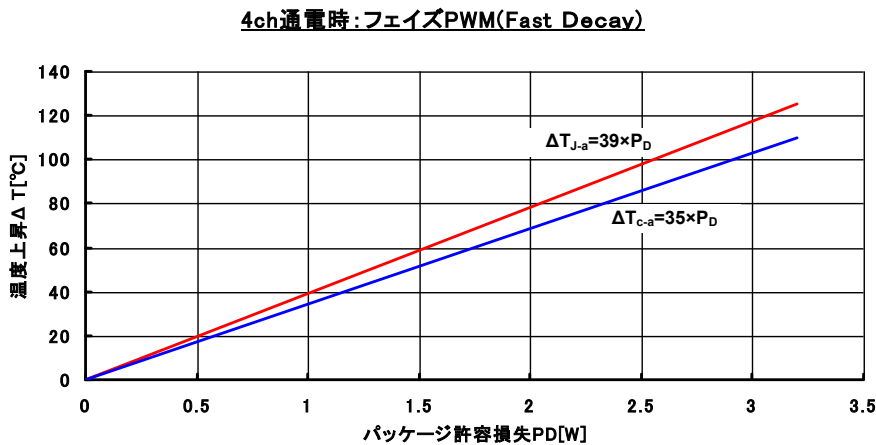
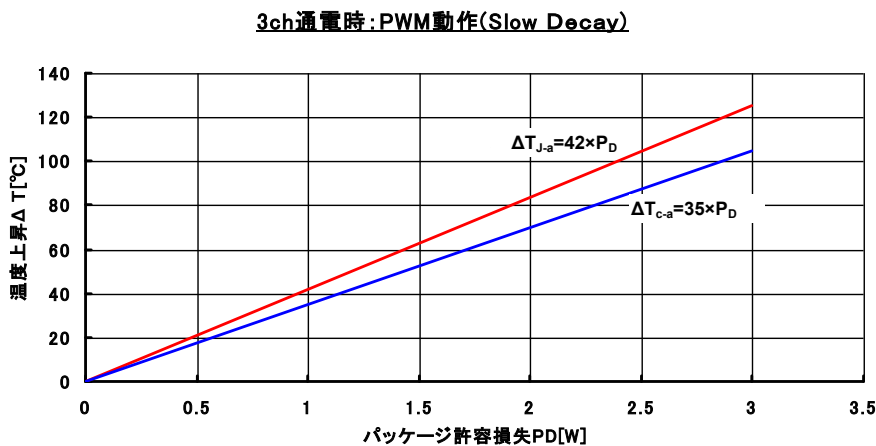
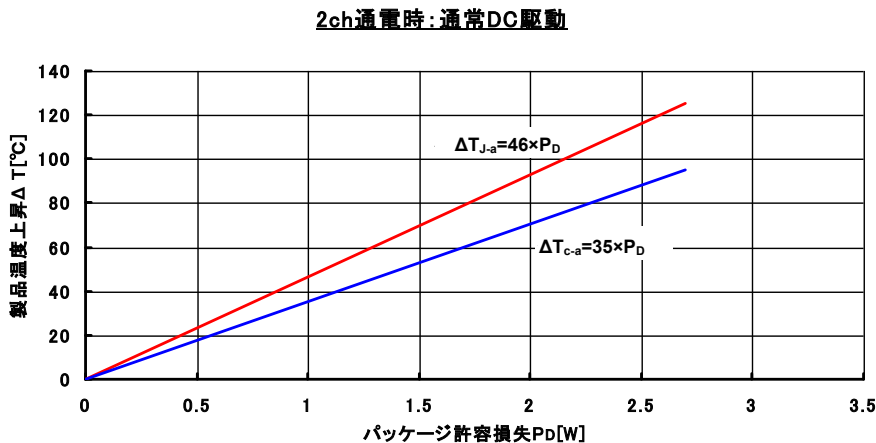
t<sub>ON</sub> : PWM オン時間

t<sub>OFF</sub> : PWM オフ時間

上記にて算出した製品損失を元に、下記 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。

**Fig12-1 製品温度上昇特性**



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

この値は、放熱板の熱抵抗を  $\theta_{FIN}$  とすると

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

となり、この式で算出した  $\theta_{j-a}$  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( $\Delta T_{c-a}$ )。

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  $\Delta T_{c-a}$  とジャンクション上昇温度  $\Delta T_j$  の関係は、以下の計算式で近似できます。

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

になります。

#### ☆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。

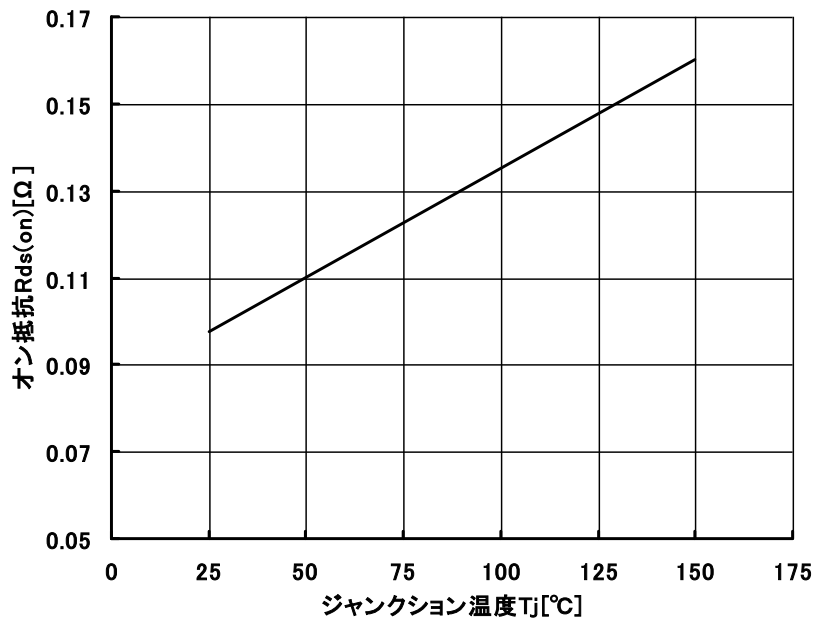
最終的には、実機にて製品発熱を確認して判断して下さい。

製品発熱の最大推奨値は以下の様になります。

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

1.3. 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

