

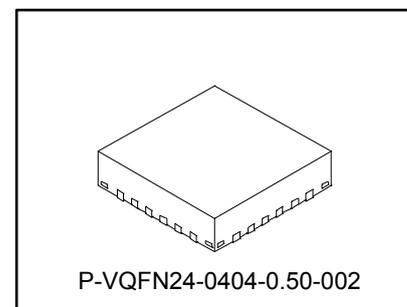
CDMOS 形 リニア集積回路 シリコン モノリシック

# TC78B025FTG

3相ブラシレスモータ用 1-hall 正弦波 PWM 駆動ドライバ IC

## 1. 概要

TC78B025FTG は、3相ブラシレスモータ用 1-hall 正弦波 PWM 駆動ドライバ IC です。出力段は DMOS を採用し、上下出力オン抵抗  $0.2 \Omega$  を実現しています。不揮発メモリ (NVM) を搭載して調整可能な Closed loop 速度制御機能が内蔵されています。外付けマイクロコンピュータが不要でコストを抑えることができます。



質量: 0.04 g (標準)

## 2. 用途

ファンモータ

## 3. 特長

- 1-hall 対応の正弦波 PWM 駆動
- Closed loop 速度制御内蔵、速度カーブ設定可能
- 低出力オン抵抗  $R_{DS(H+L)} = 0.2 \Omega$  (標準)
- 駆動電流 3.5 A max (peak)
- 動作電圧範囲 4.5 ~ 16 V
- シリアル I/F
- スタンバイモード
- ソフトスタート
- 各種保護回路内蔵  
熱遮断(TSD)、電源低電圧保護(UVLO)、電源過電圧保護(OVP)、  
チャージポンプ低電圧保護、出力過電流保護(ISD)、  
出力電流リミット(OCP)、ロック保護

### 4. ブロック図

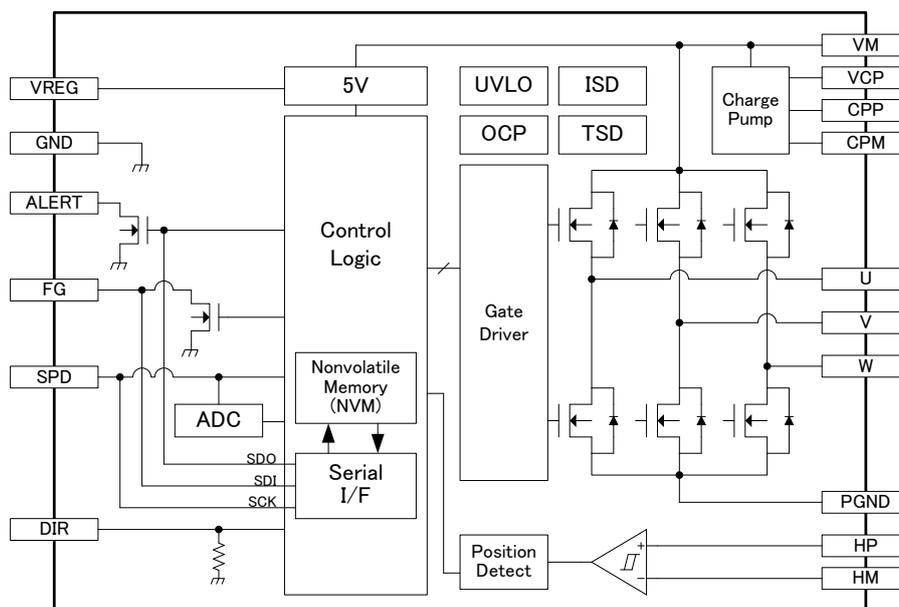


図 4.1 ブロック図

注: ブロック図内の機能ブロック/回路/定数などは、機能を説明するため、一部省略・簡略化している場合があります。

### 5. 絶対最大定格

表 5.1 絶対最大定格 (特に規定しない限り、 $T_a = 25\text{ }^\circ\text{C}$ )

項目	記号	定格	単位	
電源電圧	$V_M$	18	V	
	$V_{REG}$	6 (注 1)		
	$V_{CP}$	$V_M + 6$ (注 1)		
入力電圧	$V_{IN}$	HP, HM, DIR, FG	-0.3 ~ 6	V
		SPD	-0.3 ~ 18	
出力電圧	$V_{OUT}$	U, V, W, FG, ALERT	18	V
出力電流	$I_{OUT1}$	FG, ALERT	10	mA
	$I_{OUT2}$	VREG	10	
許容損失	$P_D$	1.7 (注 2)	W	
動作温度	$T_{opr}$	-40 ~ 105	$^\circ\text{C}$	
保存温度	$T_{stg}$	-55 ~ 150	$^\circ\text{C}$	
接合部温度	$T_{j(MAX)}$	150	$^\circ\text{C}$	

注: 絶対最大定格は瞬時たりとも超えてはならない規格です。

絶対最大定格を超えると IC の破壊や劣化や損傷の原因となり、IC 以外にも破壊や損傷や劣化を与えるおそれがあります。いかなる動作条件においても必ず絶対最大定格を超えないように設計を行ってください。ご使用に際しては、記載された動作範囲内でご使用ください。

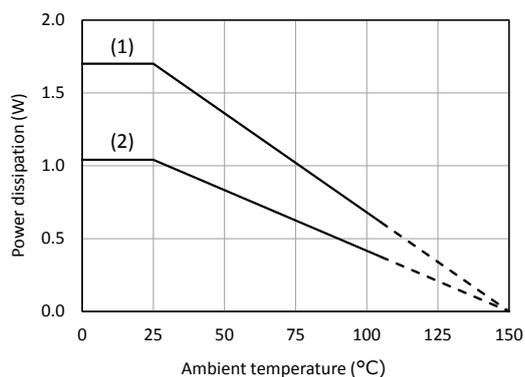
注: 出力電流は周囲温度、実装方法により制限される場合があります。

接合部温度 ( $T_{j(MAX)} = 150\text{ }^\circ\text{C}$ ) を超えないように設計を行ってください。

注 1:  $V_{REG}$ ,  $V_{CP}$  電圧は IC 内部で生成されます。外部から電圧印加しないでください。

注 2: パッケージ基板実装時 (JEDEC 2 層基板  $R\theta_{ja} = 73.5\text{ }^\circ\text{C/W}$ )

### 5.1. 許容損失特性



注: (1) JEDEC 2層基板  $R_{\theta ja} = 73.5 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$

注: (2)  $\Phi 22 \text{ mm}$  2層ドーナツ基板  $R_{\theta ja} = 120 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$

図 5.1 許容損失特性

## 6. 動作範囲

表 6.1 動作範囲

項目	記号	最小	標準	最大	単位	
VM 電源電圧 1	$V_{M(opr1)}$	5.5	12	16	V	
VM 電源電圧 2 (注 1)	$V_{M(opr2)}$	10.8	12	16		
VM 電源電圧 3 (注 2)	$V_{M(opr3)}$	(4.5)	—	(5.5)		
入力 PWM 指令周波数	$f_{TSP}$	1	—	100	kHz	
入力 SPI CLK 周波数	$f_{SCK}$	15	—	500	kHz	
入力電圧	HP, HM	$V_{IN}$	0.1	—	$V_{REG} - 2.0$	V
	DIR, SPD, FG		-0.3	—	5.5	

注 1: NVM 書き込み時 VM 電源電圧範囲。

注 2: 電気的特性のパラツキは大きくなり、値は参考値です。ご注意ください。

表 6.2 NVM 特性

項目	条件	最小	最大	単位
書き換え回数	$T_j = 0 \sim 90 \text{ }^{\circ}\text{C}$	10	—	Cycle
書き換え時間	NVM_SAVE 実行時	—	1	s

### 7. 端子配置図(Top View)

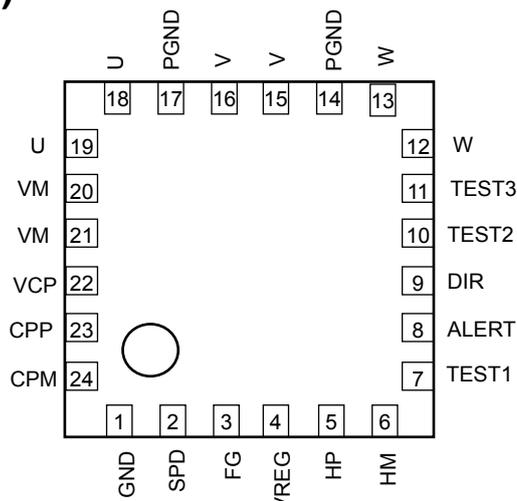


図 7.1 端子配置図

### 8. 端子説明

表 8.1 端子説明

端子番号	端子名称	入出力	端子説明
1	GND	—	GND 端子
2	SPD	IN	速度指令入力端子 / シリアル I/F クロック入力端子
3	FG	I/O	回転数信号出力端子 / シリアル I/F データ入出力端子
4	VREG	—	5 V 基準電圧出力端子
5	HP	IN	hall 信号入力端子 +
6	HM	IN	hall 信号入力端子 -
7	TEST1	—	TEST 端子 (50 kΩ プルダウン)
8	ALERT	OUT	アラート信号出力端子 / シリアル I/F データ出力端子
9	DIR	IN	回転方向設定端子 (50 kΩ プルダウン)
10	TEST2	—	TEST 端子 (50 kΩ プルダウン)
11	TEST3	—	TEST 端子 (50 kΩ プルダウン)
12	W	OUT	W 相出力端子
13	W	OUT	W 相出力端子
14	PGND	—	パワー-GND 端子
15	V	OUT	V 相出力端子
16	V	OUT	V 相出力端子
17	PGND	—	パワー-GND 端子
18	U	OUT	U 相出力端子
19	U	OUT	U 相出力端子
20	VM	—	電源端子
21	VM	—	電源端子
22	VCP	—	チャージポンプ 蓄積コンデンサ接続端子
23	CPP	—	チャージポンプ くみ上げコンデンサ接続端子
24	CPM	—	チャージポンプ くみ上げコンデンサ接続端子

注: TEST 端子は必ず GND に接続して使用してください。

注: SPD 端子は OPEN で使用しないでください。

注: GND 端子と PGND 端子は IC 内部で双方向ダイオードにより接続されておりますが、基板上各端子を共に GND ラインに接続してご使用ください。詳細は「参考基板レイアウト」をご参考にしてください。

注: U, V, W, VM 端子は 2 端子ありますので、外部のパターンで 2 端子をショートして使用してください。

## 9. 入出力等価回路

端子名称	入出力信号	等価回路
HP HM	hall 信号入力端子	
VREG	5 V 基準電圧出力端子	
ALERT	アラート信号出力端子 オープンドレイン  シリアル I/F データ出力端子	
FG	回転数信号出力端子 オープンドレイン  シリアル I/F データ入出力端子	
SPD	速度指令入力端子  シリアル I/F クロック入力端子	
DIR	回転方向設定端子 50 kΩ プルダウン	

端子名称	入出力信号	等価回路
VCP CPP CPM	チャージポンプ	
U V W	モータ出力端子	
GND PGND	GND 端子	
TEST1 TEST2	TEST 端子 50 kΩ プルダウン	
TEST3	TEST 端子 50 kΩ プルダウン	

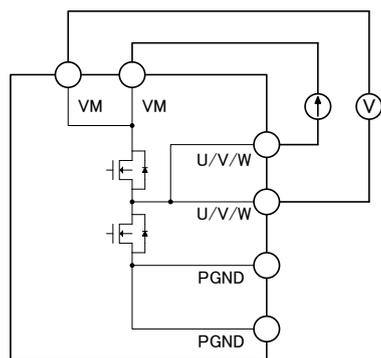
## 10. 電気的特性

表 10.1 電気的特性 (特に規定しない限り VM = 12 V, Ta = 25 °C)

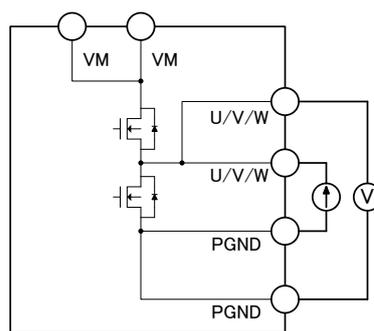
項目		記号	測定条件	最小	標準	最大	単位
電源電流		$I_{VM}$	VM = 12 V, VREG = OPEN hall 信号入力 = 100 Hz, 出力 = OPEN	—	10	12	mA
		$I_{STBY}$	VM = 12 V, スタンバイモード	—	0.33	0.5	
VREG 端子電圧		$V_{REG}$	VM = 12 V, $I_{VREG} = 0 \sim 10$ mA	4.5	5	5.5	V
チャージポンプ電圧		—	VM = 12 V, VCP-VM	4.2	4.7	5.0	V
hall 入力信号	同相入力電圧範囲	$V_{HCMR}$	—	0.1	—	$V_{REG} - 2.0$	V
	入力振幅範囲	$V_H$	—	40	—	—	mV
	入力電流	$I_{HIN}$	—	—	—	1	$\mu$ A
	ヒステリシス+電圧	$V_{HHYS+}$	—	—	8	—	mV
	ヒステリシス-電圧	$V_{HHYS-}$	—	—	-8	—	
SPD 端子	スタンバイモード 制御電圧	$V_{STBY(L)}$	移行電圧	1	1.15	—	V
		$V_{STBY(H)}$	解除電圧	—	1.25	1.4	V
		$V_{STBY(hys)}$	ヒステリシス電圧	—	100	—	mV
	入力電流	$I_{SPD}$	$V_{SPD} = 0 \sim V_{REG}$	—	—	1	$\mu$ A
SPD 端子	入力電圧	$V_{TSP(H)}$	High 電圧	2.0	—	5.5	V
		$V_{TSP(L)}$	Low 電圧	-0.3	—	1.0	V
		$V_{TSP(hys)}$	ヒステリシス電圧	—	200	—	mV
PWM Duty 入力時	入力周波数	$f_{TSP}$	—	1	—	100	kHz
	100 %Duty 検出時間	$T_{duty(100)}$	—	—	1.5	—	
	0 %Duty 検出時間	$T_{duty(0)}$	—	—	100	—	
SPD 端子 アナログ 電圧入力時	入力電圧	$V_{VSP(H)}$	ADC = 512 (100 %)	3.9	4.0	4.1	V
		$V_{VSP(L)}$	ADC = 0 (0 %)	1.4	1.5	1.6	V
	ADC 応答時間	$t_{ADC}$	—	—	—	10	ms
DIR 端子	入力電圧	$V_{DIR(H)}$	High 電圧	2.0	—	5.5	V
		$V_{DIR(L)}$	Low 電圧	-0.3	—	1.0	V
		$V_{DIR(hys)}$	ヒステリシス電圧	—	200	—	mV
	入力電流	$I_{SPD(H)}$	$V_{DIR} = 5$ V	80	100	120	$\mu$ A
$I_{SPD(L)}$		$V_{DIR} = 0$ V	—	—	1		
出力オン抵抗		$R_{DS(H+L)}$	$I_{OUT} = 0.2$ A, $T_j = 25 \sim 105$ °C (注)	—	0.2	0.3	$\Omega$
内部 OSC 周波数		$f_{OSC}$	—	11.64	12	12.36	MHz
出力 PWM 周波数		$f_{PWM(1)}$	$f_{OSC} = 12$ MHz, PWMSEL[2:0] = 000	—	23.4	—	kHz
		$f_{PWM(2)}$	$f_{OSC} = 12$ MHz, PWMSEL[2:0] = 011	—	187.5	—	kHz
FG 端子	出力 Low 電圧	—	$I_{FG} = 5$ mA	—	0.15	0.3	V
	出力リーク電流	—	$V_{FG} = 18$ V	—	1.5	5	$\mu$ A
ALERT 端子	出力 Low 電圧	—	$I_{ALERT} = 5$ mA	—	0.15	0.3	V
	出力リーク電流	—	$V_{ALERT} = 18$ V	—	—	1	$\mu$ A
出力電流リミット		$I_{OCL}$	1.5 A 設定時、目標との差	-20	—	20	%
過電流保護	遮断動作電流	$I_{ISD}$	(設計値)	4.5	5.5	6.5	A
過熱保護	遮断動作温度	$T_{TSD}$	温度上昇時 (設計値)	—	170	—	°C
	解除ヒステリシス温度	$\Delta T_{TSD}$	温度降下時 (設計値)	—	40	—	°C
	遮断解除温度	—	温度下降時 (設計値)	—	130	—	°C

項目		記号	測定条件	最小	標準	最大	単位
過電圧保護	正弦波→150度切替電圧	—	VM 電源電圧上昇時	16.5	17.2	17.9	V
	150度→正弦波復帰ヒステリシス電圧	—	VM 電源電圧降下時	—	400	—	mV
	150度→正弦波復帰電圧	—	VM 電源電圧降下時	16.1	16.8	17.5	V
低電圧保護	UVLO 動作電圧	—	VM 電源電圧降下時	3.7	3.9	4.1	V
	UVLO ヒステリシス電圧	—	VM 電源電圧上昇時	—	300	—	mV
	UVLO 解除電圧	—	VM 電源電圧上昇時	4.0	4.2	4.4	V
	UVLO 動作電圧	—	VREG 電源電圧降下時	—	3.7	—	V
	UVLO ヒステリシス電圧	—	VREG 電源電圧上昇時	—	300	—	mV
	UVLO 解除電圧	—	VREG 電源電圧上昇時	—	4.0	—	V
チャージポンプ 低電圧保護	低電圧保護動作電圧	—	VCP 端子 - VM 端子間電圧下降時	—	3.3	—	V
	低電圧保護ヒステリシス電圧	—	VCP 端子 - VM 端子間電圧上昇時	—	300	—	mV
	低電圧保護解除電圧	—	VCP 端子 - VM 端子間電圧上昇時	—	3.6	—	V

注: 出力オン抵抗測定回路



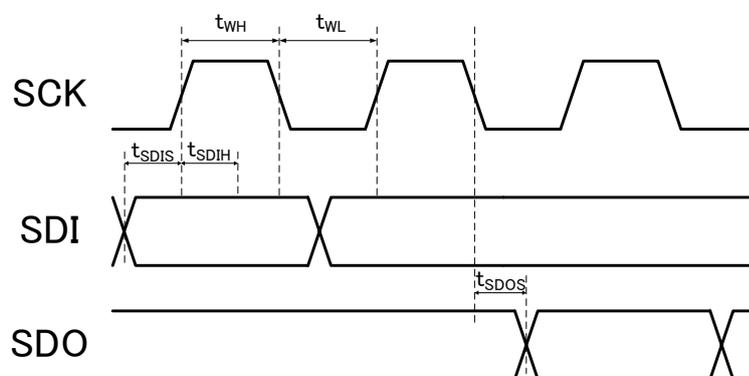
H Side 測定回路



L Side 測定回路

表 10.2 シリアル I/F (特に規定しない限り VM=12 V, T<sub>a</sub> = 25 °C)

項目	記号	測定条件	最小	標準	最大	単位	
SCK	入力電圧	V <sub>SCK(H)</sub>	High 電圧	2.0	—	5.5	V
		V <sub>SCK(L)</sub>	Low 電圧	-0.3	—	1.0	V
		V <sub>SCK(hys)</sub>	ヒステリシス電圧	—	100	—	mV
	入力周波数	f <sub>SCK</sub>	—	—	500	kHz	
	High 時間	t <sub>WH</sub>	—	—	—	μs	
Low 時間	t <sub>WL</sub>	—	—	—			
SDI	Setup 時間	t <sub>SDIS</sub>	—	—	—	μs	
	Hold 時間	t <sub>SDIH</sub>	—	—	—	ns	
SDO	Setup 時間	t <sub>SDOS</sub>	—	—	500	ns	



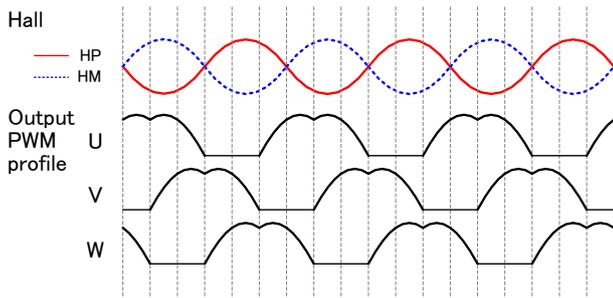
### 11. 動作説明

#### 11.1. 基本動作

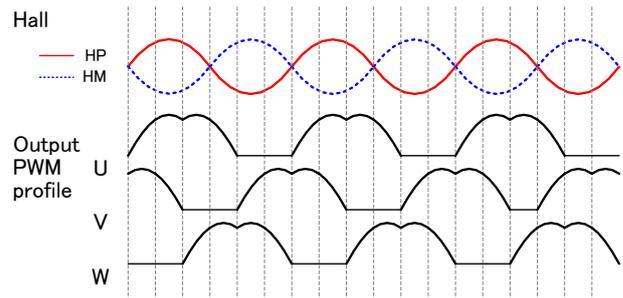
本 IC では、1-hall の正弦波駆動機能と 1-hall の 150 度駆動機能を内蔵しています。また外付けマイクロコンピュータが不要で Closed loop 速度制御機能を実現しています。SPD 端子に PWM Duty またはアナログ電圧を印加してモータの回転速度を制御できます。

SPD 端子に  $V_{STBY(L)}$  以下の電圧を印加し、ロック検出時間以上に hall 信号のゼロクロスがないとスタンバイモードに移行できます。スタンバイモードでは、IC の内部 5 V 電源を停止することによって IC の消費電力を削減します。hall 素子の電源は IC の 5 V 電源から供給する場合、hall 素子の消費電力もカットされますので、モータシステム全体の消費電力を削減できます。SPD 端子電圧が  $V_{STBY(L)}$  以下でもモータが停止しないように設定した場合、スタンバイモードが無効になります。

#### 1-hall 正弦波駆動

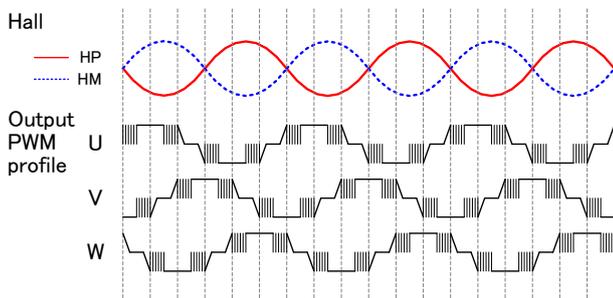


CW 進角=0度

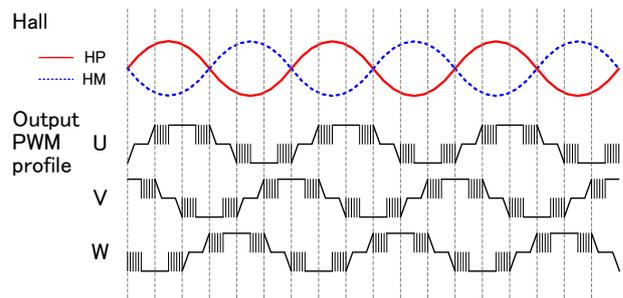


CCW 進角=0度

#### 1-hall 150度駆動



CW 進角=0度

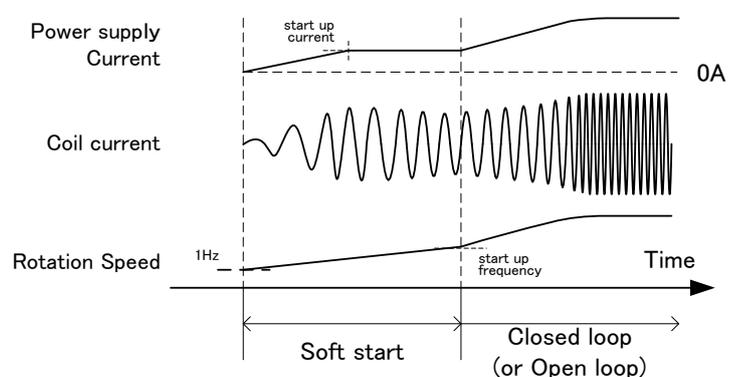


CCW 進角=0度

#### 11.2. ソフトスタート

モータが停止状態から起動するとき、突入電流を抑えるためにソフトスタートが動作します。

ソフトスタート動作中、出力電流が起動電流 (startup current) になるように出力 Duty を 0 %から徐々に上げます。回転周波数は 1 Hz から回転をスタートし、切り替え周波数 (startup frequency) に到達したら、ソフトスタート動作が完了し、Closed loop または Open loop 制御に切り替えます。



### 11.3. 端子説明

#### 11.3.1. SPD

SPD 端子はモータの起動と停止、回転数を制御する端子です。

SPD 端子に入力するタイプはレジスタにより PWM Duty とアナログ電圧から選択できます。入力の極性もレジスタで設定できます。

SPD 入力アナログ電圧の場合、 $V_{VSP(L)}$  ~  $V_{VSP(H)}$  の電圧に対して 9 bit の分解能を持ちます。

SPD 入力 PWM Duty の場合、入力の周波数範囲は 1 kHz から 100 kHz です。Duty の周波数は 1 kHz ~ 20 kHz の範囲の場合、分解能は 9 bit です。周波数が 20 kHz 以上の場合、分解能が落ちます。例えば 40 kHz の場合は 8 bit、100 kHz の場合は 7 bit になります。

さらに、SPD 端子はシリアル I/F のクロック入力端子(SCK)です。

#### 11.3.2. DIR

DIR 端子はモータの正転(CW)と逆転(CCW)を制御する端子です。

DIR 端子の極性と回転方向の関係はレジスタで設定できます。

#### 11.3.3. ALERT

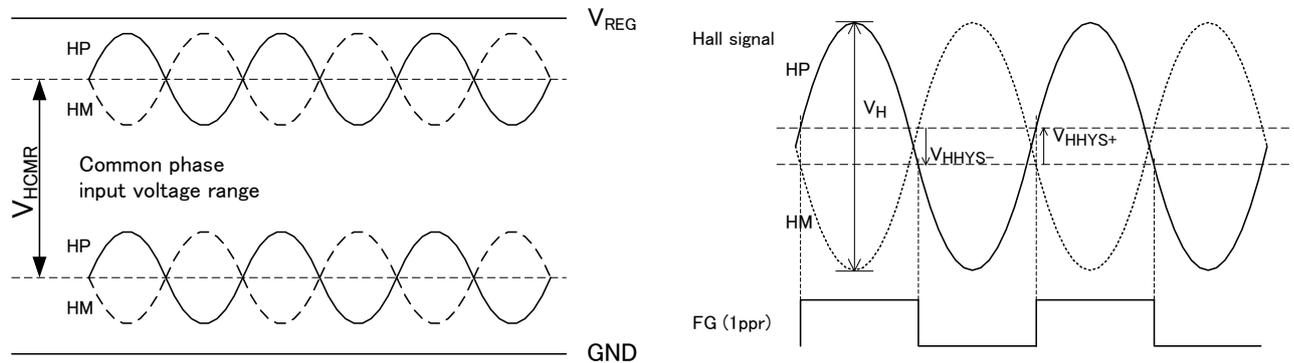
ALERT 端子はオープンドレイン出力です。異常状態(過電流、過熱、モータロック、チャージポンプ低電圧)を検出時、ALERT 端子から「L」を出力します。

さらに、ALERT 端子はシリアル I/F のデータ出力端子(SDO)です。

#### 11.3.4. HP, HM

HP と HM 端子は hall 信号入力端子です。

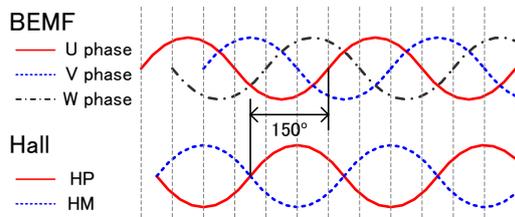
hall 素子を使用する場合、以下に示すような特性の信号を入力してください。



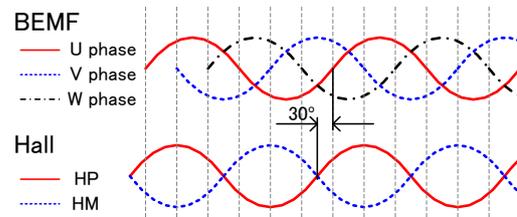
hall IC を使用する場合、必ず信号を HP 端子に入力してください。HM は固定電圧にしてください。

デフォルトでは、hall 信号と誘起電圧の位相関係を以下になるように hall センサを配置してください。

正転(CW)時



逆転(CCW)時



hall センサの位置がデフォルト位置からずれた場合、レジスタの設定により位置 Offset 補正できます。

## 11.3.5. FG

FG 端子はオープンドレイン出力です。hall 信号から取得したモータの回転数信号は FG 端子から出力できます。またレジスタの設定により、モータロック検出時の RDO 信号は FG 端子から出力できます。RDO 信号はモータロック検出時「L」になります。

さらに、FG 端子はシリアル I/F のデータ入出力端子(SDI)またはデータ入出力端子(SDIO)です。

表 11.1 FG 信号設定とモータ 1 回転出力パルス数

FGSEL[2:0]	FG 信号設定	モータ極数				
		2 極	4 極	6 極	8 極	10 極
000	1 ppr	1	2	3	4	5
001	2/3 ppr	2/3	4/3	2	8/3	10/3
010	1/2 ppr	0.5	1	1.5	2	2.5
011	2 ppr	2	4	6	8	10
100	3 ppr	3	6	9	12	15
101	2.4 ppr	2.4	4.8	7.2	9.6	12
110	1/3 ppr	1/3	2/3	1	4/3	5/3
111	Don't use					

注: hall 信号の周波数が 1.67 Hz 以上の場合、FG 端子から信号が出力されます。  
1.67 Hz 未満の場合、FG 端子は Hi-Z 固定です。

注: FG 信号を 1 ppr に設定した場合、hall 信号と同期した信号が出力されます。  
それ以外の設定の場合、内部演算した結果が出力されます。

### 11.4. 速度制御

#### 11.4.1. Closed loop

Closed loop 制御の場合、速度カーブ (SPD 信号の値と回転速度の関係) は下記に示します。

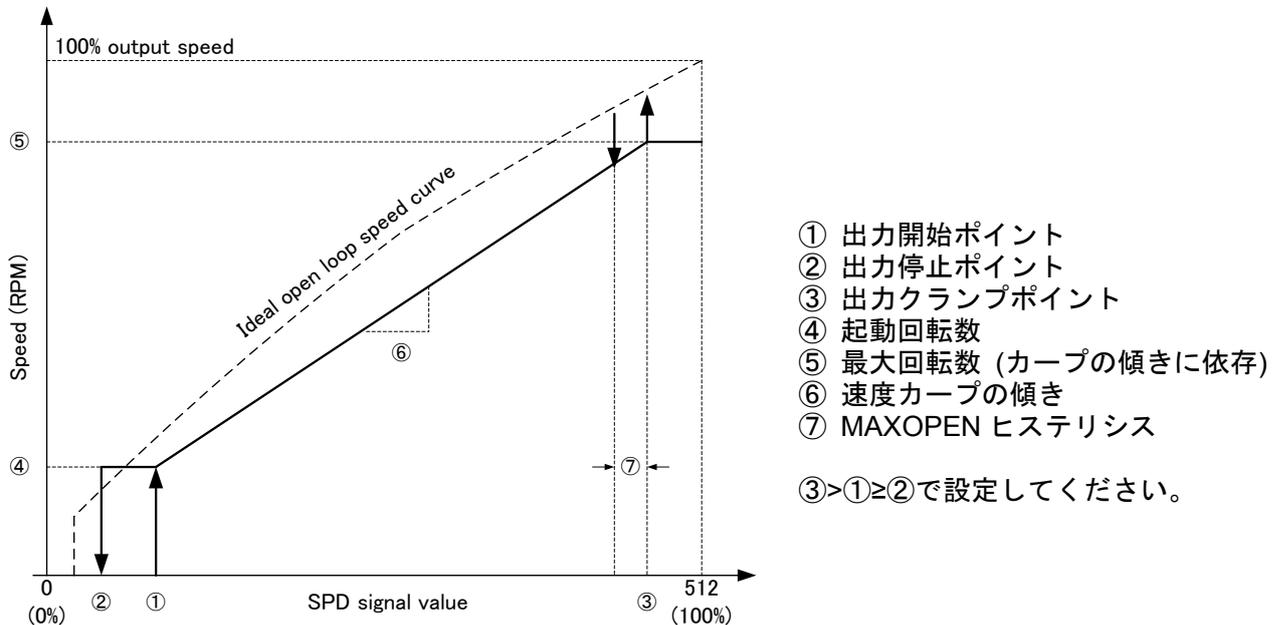


図 11.1 Closed loop 速度カーブ例

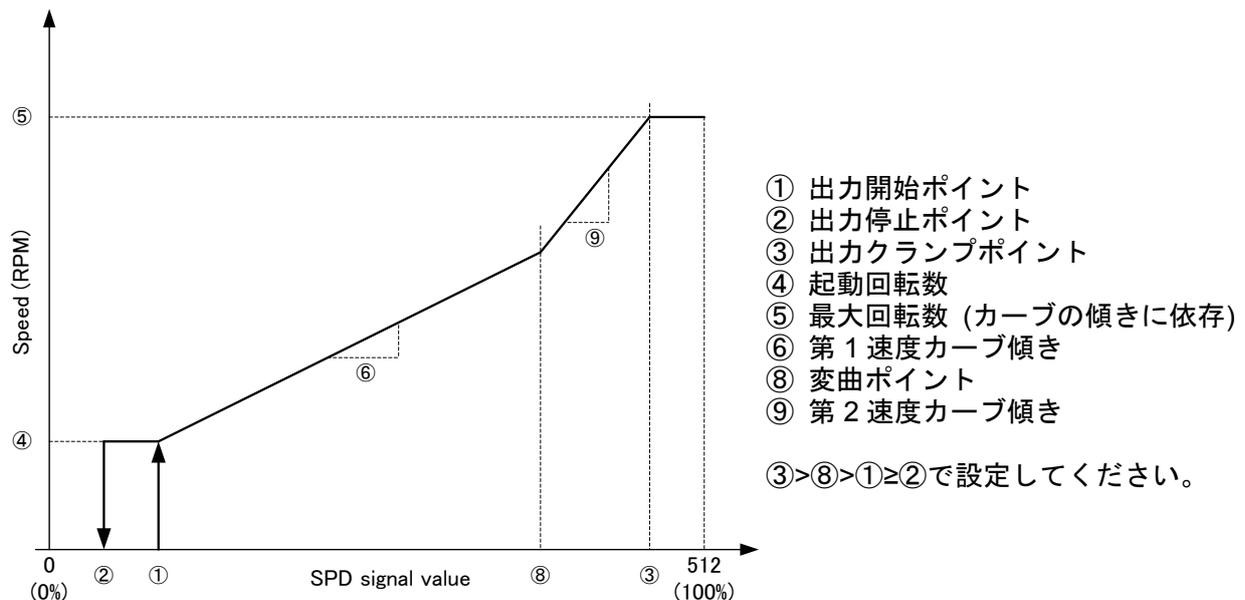
- ① 出力開始ポイント:  
 SPD 信号の値が出力開始のしきい値を超えると出力開始します。このしきい値の設定範囲は 0(0 %) ~ 255(49.8 %)、分解能は 0.2 %です。8 bit のレジスタ STARTDUTY で設定できます。  
 $SPD\ duty\ to\ enable\ output\ (\%) = 100 \times STARTDUTY / 512$
- ② 出力停止ポイント:  
 SPD 信号の値が出力停止のしきい値以下では出力停止します。このしきい値の設定範囲は 0(0 %) ~ 254(49.6 %)、分解能は 0.4 %です。7 bit のレジスタ STOPDUTY で設定できます。  
 $SPD\ duty\ to\ disable\ output\ (\%) = 200 \times STOPDUTY / 512$
- ③ 出カクランプポイントと⑦MAXOPEN ヒステリシス:  
 MAXOPEN = 0 の場合、SPD 信号の値が出カクランプしきい値を超えると回転速度が固定されます。このしきい値の設定範囲は 257 (50.2 %) ~ 512(100 %)、分解能は 0.2 %です。8 bit のレジスタ MAXDUTY で設定できます。  
 $SPD\ duty\ to\ clamp\ output\ (\%) = 100 \times (257 + MAXDUTY) / 512$   
 MAXOPEN = 1 の場合、SPD 信号の値が出カクランプしきい値を超えると Open loop に切り替えます。Open loop の出力 Duty は SPD 信号の値と同じです。Open loop から Closed loop に戻るときのヒステリシスは 4 bit のレジスタ MAXDUTYHYS により設定できます。ヒステリシスの設定範囲は 2(0.4 %) ~ 32(6.25 %)を設定できます。分解能は 0.4 %です。  
 $SPD\ duty\ hys\ (\%) = 200 \times (MAXDUTYHYS + 1) / 512$
- ④ 起動回転数:  
 起動時の最小回転数は 12 bit のレジスタ STARTRPM で設定します。設定範囲は 0 ~ 4095 RPM、分解能は 1 RPM です。  
 $Startup\ speed\ (RPM) = STARTRPM$
- ⑤ 最大回転数と⑥速度カーブの傾き:  
 最大回転数は速度カーブの傾きに依存します。速度カーブの傾きは 14 bit のレジスタ SPEEDSLOP で設定します。  
 $SPEEDSLOP = 64 \times (Maximum\ speed - Startup\ speed) / (MAXDUTY + 257 - STARTDUTY)$

MAXOPEN、NOSTOP、MAXOFF の設定による、SPD 指令が出力開始ポイント以下の場合の動作表です。

**表 11.2 SPD 指令が出力開始ポイント以下時の動作**

MAXOPEN	NOSTOP	MAXOFF	Target speed		
			SPD = 0 %	0 % < SPD ≤ Startup point	Stop point < SPD ≤ Startup point
0	0	0	0	0	Duty up: 0 Duty down: Startup speed
	0	1	Maximum Speed	0	Duty up: 0 Duty down: Startup speed
	1	0	Startup speed	Startup speed	Startup speed
	1	1	Maximum Speed	Maximum Speed	Startup speed
1	0	0	0	0	Duty up: 0 Duty down: Startup speed
	0	1	100 % Output	0	Duty up: 0 Duty down: Startup speed
	1	0	Startup speed	Startup speed	Startup speed
	1	1	100 % Output	100 % Output	Startup speed

速度カーブに変曲ポイントを追加できます。



**図 11.2 Closed loop 速度カーブ例 変曲ポイント追加**

⑧ 変曲ポイント:  
 変曲ポイントの SPD 信号値の範囲は 0(0.4 %) ~ 510(99.6 %)、分解能は 0.4 %です。8 bit レジスタ CHANGEDUTY で設定できます。

$$SPD \text{ duty of change point (\%)} = 200 \times CHANGEDUTY / 512$$

変曲ポイント使用しない場合、CHANGEDUTY を 0 に設定してください。

⑨ 第 2 速度カーブ傾き:  
 変曲ポイント以降、速度カーブの傾きは SPEEDSLOP2 レジスタで設定できます。

## 11.4.2. Open loop

Open loop 制御の速度カーブ (SPD 信号の値と出力 Duty の関係) は下記に示します。

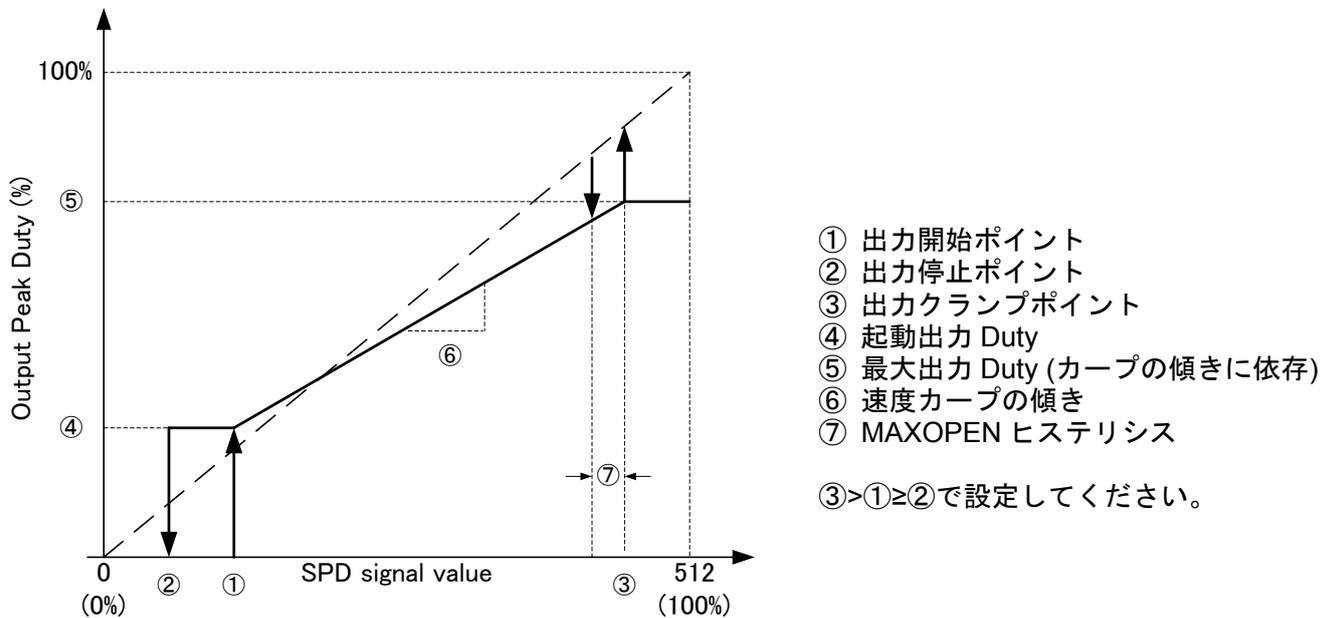


図 11.3 Open loop 速度カーブ例

- ① 出力開始ポイント:  
 SPD 信号の値が出力開始のしきい値を超えると出力開始します。このしきい値の設定範囲は 0(0%) ~ 255(49.8%)、分解能は 0.2% です。8 bit のレジスタ STARTDUTY で設定できます。  

$$SPD \text{ duty to enable output (\%)} = 100 \times STARTDUTY / 512$$
- ② 出力停止ポイント:  
 SPD 信号の値が出力停止のしきい値以下では出力停止します。このしきい値の設定範囲は 0(0%) ~ 254(49.6%)、分解能は 0.4% です。7 bit のレジスタ STOPDUTY で設定できます。  

$$SPD \text{ duty to disable output (\%)} = 200 \times STOPDUTY / 512$$
- ③ 出力クランプポイントと⑦MAXOPEN ヒステリシス:  
 MAXOPEN = 0 の場合、SPD 信号の値が出力クランプしきい値を超えると出力 Duty が固定されます。このしきい値の範囲は 257 (50.2%) ~ 512(100%)、分解能は 0.2% です。8 bit のレジスタ MAXDUTY で設定できます。  

$$SPD \text{ duty clamp output (\%)} = 100 \times (257 + MAXDUTY) / 512$$
- MAXOPEN = 1 の場合、出力 Duty は SPD 信号の値と同じになります。出力 Duty の固定をやめるときのヒステリシスは 4 bit のレジスタ MAXDUTYHYS により設定できます。ヒステリシスの設定範囲は 2(0.4%) ~ 32(6.25%)、分解能は 0.4% です。  

$$SPD \text{ duty hys (\%)} = 200 \times (MAXDUTYHYS + 1) / 512$$
- ④ 起動出力 Duty:  
 起動時の最小出力 Duty は 12 bit のレジスタ STARTRPM の上位 8 bit で設定します。設定範囲は 0(0%) ~ 255(49.8%)、分解能は 0.2% です。  

$$Startup \text{ output duty (\%)} = 100 \times STARTRPM[11:4] / 512$$
- ⑤ 最大出力 Duty と⑥速度カーブの傾き:  
 最大出力 Duty は速度カーブの傾きに依存します。速度カーブの傾きは 14 bit のレジスタ SPEEDSLOP で設定します。  

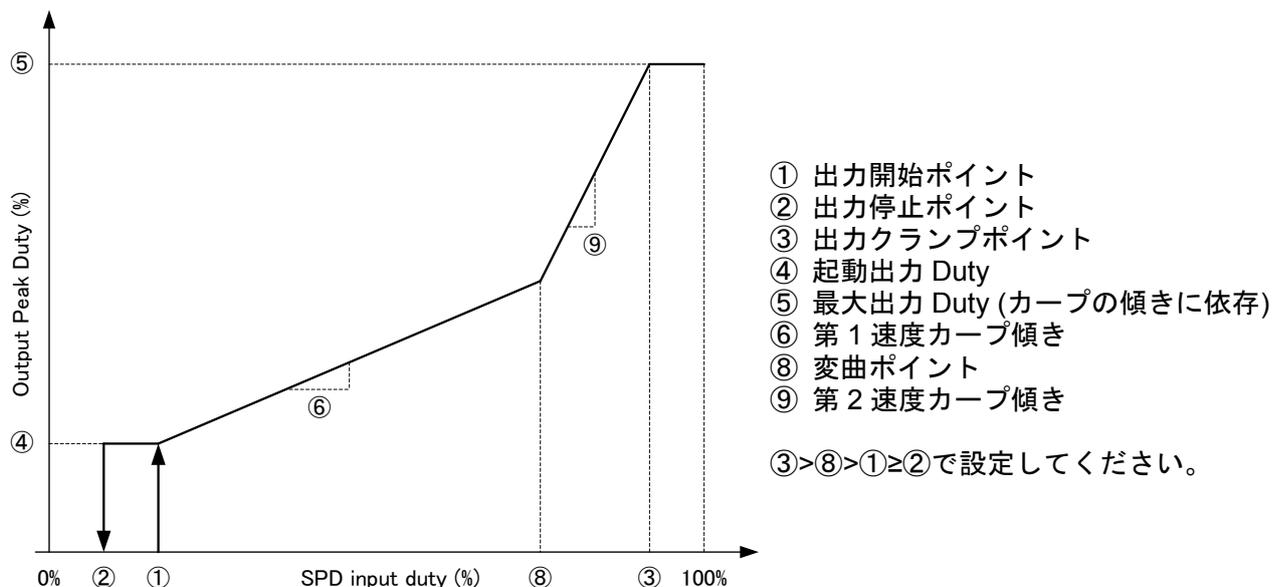
$$SPEEDSLOP = 2^{19} \times (Maximum \text{ output duty (\%)} - Startup \text{ output duty (\%)} ) / (MAXDUTY + 257 - STARTDUTY) / 100$$

MAXOPEN, NOSTOP, MAXOFF の設定による、SPD 指令が出力開始ポイント以下の場合の動作表です。

**表 11.3 SPD 指令が出力開始ポイント以下時の動作**

MAXOPEN	NOSTOP	MAXOFF	Output Duty		
			SPD =0 %	0 % < SPD ≤ Startup point	Stop point < SPD ≤ Startup point
0	0	0	0	0	Duty up: 0 Duty down: Startup Output
	0	1	Maximum Output	0	Duty up: 0 Duty down: Startup Output
	1	0	Startup Output	Startup Output	Startup Output
	1	1	Maximum Output	Maximum Output	Startup Output
1	0	0	0	0	Duty up: 0 Duty down: Startup Output
	0	1	100 % Output	0	Duty up: 0 Duty down: Startup Output
	1	0	Startup Output	Startup Output	Startup Output
	1	1	100 % Output	100 % Output	Startup Output

速度カーブに変曲ポイントを追加できます。



**図 11.4 Open loop 速度カーブ例 変曲ポイント追加**

⑧ 変曲ポイント:  
変曲ポイントの SPD 信号値の範囲は 0(0.4%) ~ 510(99.6%)、分解能は 0.4% です。8 bit レジスタ CHANGEDUTY で設定できます。

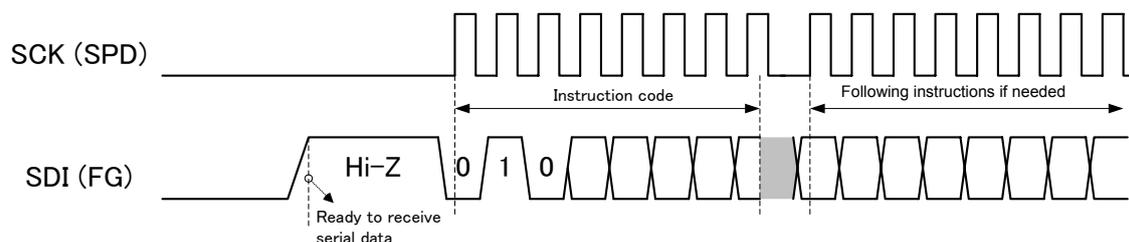
$$SPD \text{ duty of change point (\%)} = 200 \times CHANGEDUTY / 512$$

変曲ポイント使用しない場合、CHANGEDUTY を 0 に設定してください。

⑨ 第 2 速度カーブ傾き:  
変曲ポイント以降、速度カーブの傾きは SPEEDSLOP2 レジスタで設定できます。

### 11.5. シリアル I/F と NVM

シリアル I/F 経由で内部レジスタと NVM の内容を設定できます。  
FG 端子が Hi-Z の時、シリアル指令を受付できます。



#### 11.5.1. シリアル指令

表 11.4 シリアル指令

指令名	コード	説明	接続データ
SR_READ	010 01 001	状態レジスタの読み出し	8-bit data out
SR_WRITE	010 01 010	状態レジスタの書き込み	8-bit data in
REG_READ	010 10 001	通常レジスタの読み出し	8-bit addr in + 16-bit data out
REG_WRITE	010 10 010	通常レジスタの書き込み	8-bit addr in + 16-bit data in
NVM_LOAD	010 11 001	NVM の内容を通常レジスタにロード	なし
NVM_SAVE	010 11 010	通常レジスタの内容を NVM に保存	なし
NVM_ABORT	010 11 100	NVM の書き込み処理を強制終了	なし

#### 11.5.2. 状態レジスタ

Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
—	—	—	CAL_ERR	NVM_WR	WIRE	ENB	BUSY

レジスタ名	説明	詳細
BUSY	IC 内部処理状態	BUSY = 0 : 待機 BUSY = 1 : 処理中
ENB	シリアル指令有効の設定	ENB = 0: SR_READ SR_WRITE のみ有効 ENB = 1: 全指令有効
WIRE	シリアル通信モード設定	WIRE = 0: 3線モード SCK = SPD, SDI = FG, SDO = ALERT WIRE = 1: 2線モード SCK = SPD, SDIO = FG
NVM_WR	NVM モード設定	NVM_WR = 0: READ 可、WRITE 不可 NVM_WR = 1: READ 不可、WRITE 可
CAL_ERR	位置測定結果	CAL_ERR = 0: 測定成功 CAL_ERR = 1: 測定失敗

## 11.5.3. 通常レジスタ

表 11.5 レジスタマップ

ADDR	Bit	レジスタ名	説明	初期値
0	15:0	USERID[15:0]	—	0
1	15	NOSTOP	停止しないモード (0: disable, 1: enable)	0
	14:8	STOPDUTY[6:0]	停止 Duty	0
	7:0	STARTDUTY[7:0]	起動 Duty	0
2	15:8	CHANGEDUTY[7:0]	変曲ポイント Duty	0
	7:0	MAXDUTY[7:0]	最大 Duty	0
3	15:4	STARTRPM[11:0]	起動回転数	0
	3:0	MAXDUTYHYS[3:0]	Open loop → Closed loop 復帰のヒステリシス	0
4	15:2	SPEEDSLOP[13:0]	カーブ傾き	0
	1	MAXOPEN	SPD 信号値がしきい値を超えたときに OPEN 制御 (0: disable, 1: enable)	0
	0	MAXOFF	SPD 信号値が出力開始ポイント以下のときに全速 (0: disable, 1: enable)	0
5	15:2	SPEEDSLOP2[13:0]	変曲ポイント以降のカーブ傾き	0
	1	REVALERT	逆転検出時 ALERT 出力	0
	0	OPENLOOP	OPEN LOOP / CLOSED LOOP (0: closed loop, 1: open loop)	0
6	15	KIX	KI × 8 倍	0
	14:8	KI[6:0]	KI (0 ~ 127)	0
	7	KPX	KP × 8 倍	0
	6:0	KP[6:0]	KP (0 ~ 127)	0
7	15	STBY	STBY 有効 (0: disable, 1: enable)	0
	14	DIR	DIR の極性と回転方向の関係 (0:正極性 1:負極性)	0
	13:11	POLEPAIR[2:0]	極対数	0
	10:9	MAXSPEED[1:0]	最高回転数	0
	8	HALLINV	hall 信号極性反転 (0:正極性 1:負極性)	0
	7:6	HALLPOS[1:0]	hall 配置区間	0
	5:0	HALLOFFSET[5:0]	hall 位置 Offset	0
8	15	RDSEL	FG/RD 選択 (0: FG signal, 1: RDO signal)	0
	14:12	FGSEL[2:0]	FG タイプ	0
	11	SPDSEL	SPD 指令タイプ (0: アナログ電圧, 1: PWM Duty)	0
	10	SPDINV	SPD 極性反転 (0:正極性 1:負極性)	0
	9	REVBRAKE	逆風起動 (0: disable, 1: enable)	0
	8	150DRV	150 度通電 (0: 正弦波, 1: 150 度)	0
	7	ISDLATCH	ISD ラッチ (0: disable, 1: enable)	0
	6	OCPMASK	電流リミットマスク期間	0
	5	OCPDIS	電流リミット無効 (0: enable, 1: disable)	0
	4:3	OCPLEVEL[1:0]	電流リミット設定	0
	2:0	PWMSEL[2:0]	出力 PWM 周波数設定	0

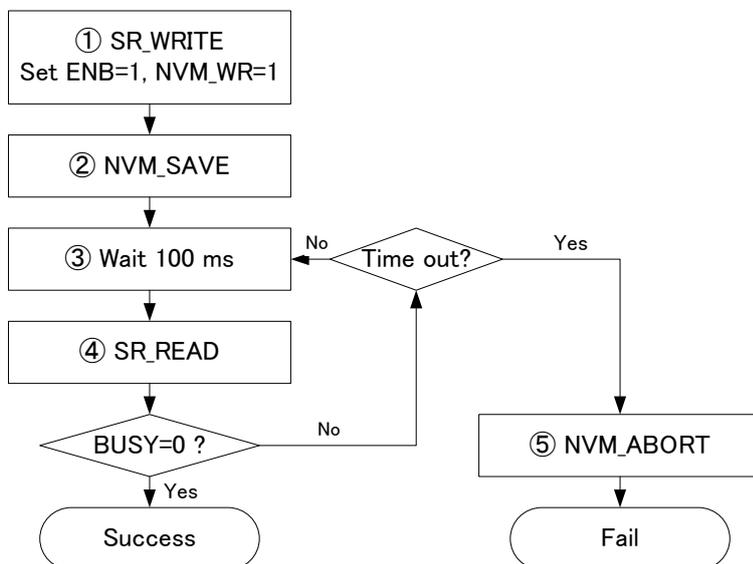
ADDR	Bit	レジスタ名	説明	初期値
9	15	TON	ON 時間	0
	14	TOFF	OFF 時間	0
	13	LOCKDIS	Lock 無効	0
	12:10	DUTYCHGLIMIT[2:0]	Duty 変化リミット	0
	9:8	STARTFREQ[1:0]	起動切り替え周波数	0
	7:6	STARTCURRENT[1:0]	起動電流リミット	0
	5	LASEL	進角選択	0
	4:0	LATABLE[4:0]	進角テーブル	0
10	15:6	Trq_duty[9:0]	SPD 指令	0
	5	Unused	Don't care	0
	4:3	Hall off.Freq[1:0]	hall 位置検出 強制転流周波数	0
	2:1	Hall cal.Freq[1:0]	hall 位置検出 検出開始周波数	0
	0	Hall cal.	hall 位置検出動作	0

注: ADDR 0~9 の内容は NVM に保存できます。

ADDR	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	USERID [15:0]															
1	NOSTOP	STOPDUTY [6:0]						STARTDUTY [7:0]								
2	CHANGEDUTY [7:0]							MAXDUTY [7:0]								
3	STARTRPM [11:0]										MAXDUTYHYS [3:0]					
4	SPEEDSLOP[13:0]															
5	SPEEDSLOP2[13:0]													MAXOPEN	MAXOFF	
6	KIX	KI [6:0]						KPX	KP [6:0]							
7	STBY	DIR	POLEPAIR [2:0]			MAXSPEED [1:0]	HALLINV	HALLPOS [1:0]		HALLOFFSET [5:0]						
8	RDSEL	FGSEL [2:0]		SPDSEL	SPDINV	REVBRAKE	150DRV	ISDLATCH	OCPMASK	OCPLDIS	OCPLEVEL [1:0]		PWMSEL [2:0]			
9	TON	TOFF	LOCKDIS	DUTYCHGLIMIT [2:0]		STARTFREQ [1:0]	STARTCURRENT [1:0]		LASEL	LATABLE [4:0]						
10	Trq_duty[9:0]											Hall off. Freq [1:0]	Hall cal. Freq [1:0]	Hall cal.		

### 11.5.4. NVM 書き込みフロー

NVM 書き込みの基本フローが以下です。



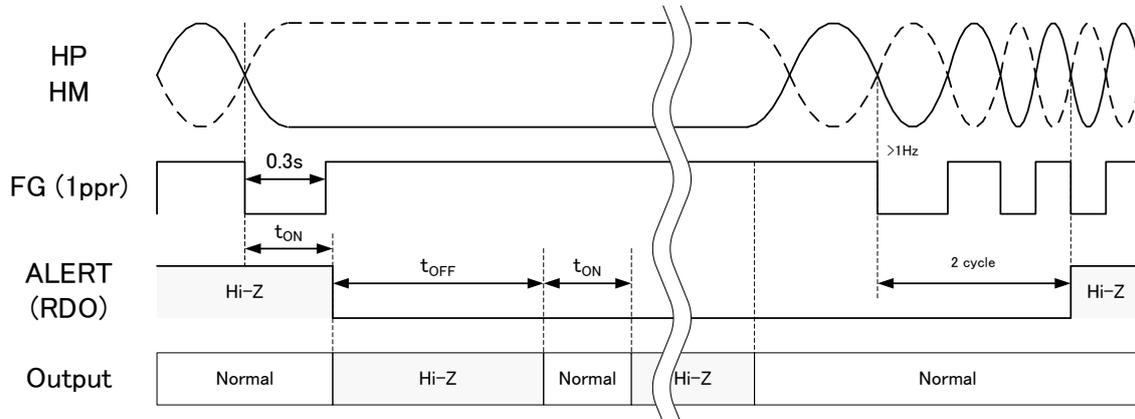
書き込み時の動作条件により、書き込み時間が長くなる場合があります。1 s 以上経過しても BUSY が 1 から 0 に戻らない場合、書き込み異常です。その場合、NVM\_ABORT 指令で書き込みを強制終了してください。

NVM 書き込み処理終了後、必ず NVM\_WR を 0 に戻してください。

### 11.6. 保護機能

#### 11.6.1. ロック保護

hall 信号のゼロクロスが一定時間( $t_{ON}$ )以上検出できない場合、ロック状態と認識します。ロック保護検出時、ALERT 端子から「L」を出力します。ロックを検出した後、IC の出力を一定期間( $t_{OFF}$ )OFF させ、その後自動復帰します。出力停止期間中 FG 信号は Hi-Z 固定です。ロック検出時間と出力停止時間はレジスタにより設定できます。



#### 11.6.2. 出力電流リミット (OCP)

モータに流れる電流を制限するため出力電流リミット機能が内蔵しています。この機能では IC 内部で出力段の電流を監視し、外付けシャント抵抗は不要です。

正弦波駆動の場合、電流リミット検出しきい値以上の電流を検出すると、駆動方式が正弦波駆動(同期整流)から 150 度駆動(上側 PWM)に切り替わります。150 度駆動時、PWM 周期ごとの電流リミット制御を行います。電流リミット制限電流は電流リミット検出しきい値電流より 500 mA 低くなります。電流リミット解除後、さらに 150 度駆動を 2 周期してから正弦波通電へ復帰します。

150 度駆動の場合、電流リミット検出しきい値電流は電流リミット制限電流と同じです。PWM 周期ごとの電流リミット制御を行います。

OCPLEVEL [1:0]	正弦波駆動		150 度駆動	
	電流リミット 検出しきい値電流	電流リミット 制限電流	電流リミット 検出しきい値電流	電流リミット 制限電流
00	1.5 A	1 A	1 A	1 A
01	2 A	1.5 A	1.5 A	1.5 A
10	2.5 A	2 A	2 A	2 A
11	3.5 A	3 A	3 A	3 A

#### 11.6.3. 電源過電圧保護 (OVP)

減速時の電源電圧昇圧を回避するため、電源過電圧保護機能を内蔵しています。

正弦波駆動の場合、VM 電源電圧が 17.2 V(標準)以上を検出すると、駆動方式が正弦波駆動(同期整流)から 150 度駆動(上側 PWM)に切り替わります。VM 電源電圧が 16.8 V(標準)以下に戻ってから、さらに 150 度駆動を 2 周期してから正弦波通電へ復帰します。

150 度駆動の場合、電源過電圧保護機能が無効になります。

#### 11.6.4. 電源低電圧保護 (UVLO)

電源電圧が低いときの誤動作を防ぐため、電源電圧が動作範囲より下回るとき IC を OFF させます。

VM 電源電圧と VREG 電圧の両方監視し、VM 電源電圧が 3.9 V(標準)以下または VREG 電圧が 3.7 V(標準)以下で保護機能が動作します。0.3 V(標準) のヒステリシス幅があり、VM 電源電圧が 4.2 V(標準)以上かつ VREG 電圧が 4.0 V(標準)以上で通常動作に復帰します。

### 11.6.5. チャージポンプ低電圧保護

VCP 端子と VM 端子間の電圧差が 3.3 V(標準)以下の場合、モータ出力が OFF (Hi-Z)になります。0.3 V(標準)のヒステリシス幅があり、端子間の電圧差が 3.6 V(標準) 以上で通常動作に復帰します。チャージポンプ低電圧検出時、ALERT 端子から「L」を出力します。

### 11.6.6. 出力過電流保護 (ISD)

IC に過大な電流が流れ続けるのを防ぐため、出力段のパワートランジスタに流れる電流を個別に監視し、電流値がしきい値を超えると出力段を全 OFF にします。出力過電流検出時、ALERT 端子から「L」を出力します。

レジスタの設定により、自動復帰とラッチ方式を選択できます。

自動復帰の場合、出力停止時間( $t_{OFF}$ )を経てから出力が自動復帰します。過電流が継続した場合、出力段全 OFF→自動復帰の動作を繰り返します。連続 8 回出力過電流検出した場合、自動復帰せず出力段全 OFF 状態を維持します。SPD の再投入あるいは電源の再投入で解除します。

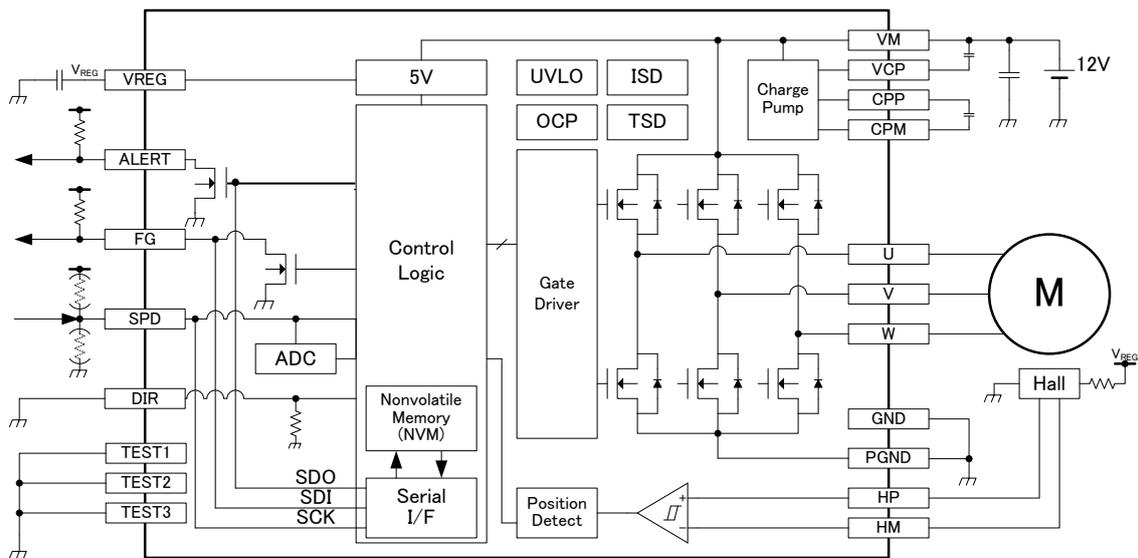
ラッチ方式場合、出力過電流検出後出力段全 OFF 状態を維持します。SPD の再投入あるいは電源の再投入で解除します。

### 11.6.7. 熱遮断 (TSD)

熱遮断(TSD)回路を搭載しています。

$T_j = 170\text{ }^\circ\text{C}$  (標準)以上になると熱遮断回路が動作し、出力段を全 OFF にします。 $40\text{ }^\circ\text{C}$ (標準)のヒステリシス幅があり、 $130\text{ }^\circ\text{C}$ (標準) 以下に戻ると自動復帰します。熱遮断検出時、ALERT 端子から「L」を出力します。

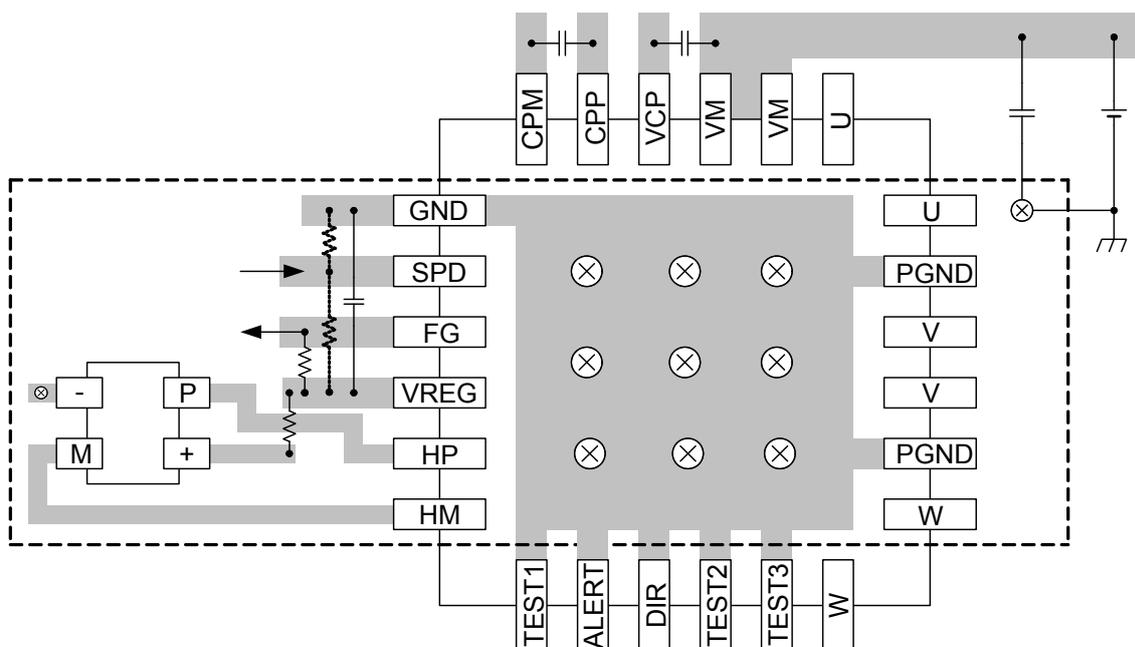
### 12. 応用回路例



- 注: TEST 端子は必ず GND に接続してご使用ください。
- 注: SPD 端子は OPEN で使用しないでください。
- 注: PGND と GND 端子は、基板上も各端子を共に GND ラインに接続してご使用ください。  
詳細は「参考基板レイアウト」を参考にしてください。
- 注: VREG 端子のコンデンサは、0.1  $\mu$ F ~ 1  $\mu$ F のセラミックコンデンサを使用してください。  
0.1  $\mu$ F を推奨します。
- 注: CPP 端子と CPM 端子間のコンデンサは、0.01  $\mu$ F のセラミックコンデンサを推奨します。  
VCP 端子と VM 端子間のコンデンサは、0.1  $\mu$ F のセラミックコンデンサを推奨します。

図 12.1 応用回路例

### 13. 参考基板レイアウト



注: ALERT 端子を使用しない場合

図 13.1 参考基板レイアウト



## 14. 使用上のご注意およびお願い事項

### 14.1. 使用上の注意事項

- (1) 絶対最大定格は複数の定格の、どの1つの値も瞬時たりとも超えてはならない規格です。複数の定格のいずれに対しても超えることができません。絶対最大定格を超えると破壊、損傷および劣化の原因となり、破裂・燃焼による傷害を負うことがあります。
- (2) 過電流の発生やICの故障の場合に大電流が流れ続けないように、適切な電源ヒューズを使用してください。ICは絶対最大定格を超えた使い方、誤った配線、および配線や負荷から誘起される異常パルスノイズなどが原因で破壊することあり、この結果、ICに大電流が流れ続けることで、発煙・発火に至ることがあります。破壊における大電流の流出入を想定し、影響を最小限にするため、ヒューズの容量や溶断時間、挿入回路位置などの適切な設定が必要となります。
- (3) モータの駆動など、コイルのような誘導性負荷がある場合、ON時の突入電流やOFF時の逆起電力による負極性の電流に起因するデバイスの誤動作あるいは破壊を防止するための保護回路を接続してください。ICが破壊した場合、傷害を負ったり発煙・発火に至ることがあります。保護機能が内蔵されているICには、安定した電源を使用してください。電源が不安定な場合、保護機能が動作せず、ICが破壊することがあります。ICの破壊により、傷害を負ったり発煙・発火に至ることがあります。
- (4) デバイスの逆差し、差し違い、または電源のプラスとマイナスの逆接続はしないでください。電流や消費電力が絶対最大定格を超え、破壊、損傷および劣化の原因になるだけでなく、破裂・燃焼により傷害を負うことがあります。なお、逆差しおよび差し違いのままにまで通電したデバイスは使用しないでください。

### 14.2. 使用上の留意点

- (1) 過電流保護回路  
過電流制限回路(通常: カレントリミッタ回路)はどのような場合でもICを保護するわけではありません。動作後は、速やかに過電流状態を解除するようお願いします。絶対最大定格を超えた場合など、ご使用方法や状況により、過電流制限回路が正常に動作しなかったり、動作する前にICが破壊したりすることがあります。また、動作後、長時間過電流が流れ続けた場合、ご使用方法や状況によっては、ICが発熱などにより破壊することがあります。
- (2) 熱遮断回路  
熱遮断回路(通常: サーマルシャットダウン回路)は、どのような場合でもICを保護するわけではありません。動作後は、速やかに発熱状態を解除するようお願いします。絶対最大定格を超えて使用した場合など、ご使用法や状況により、熱遮断回路が正常に動作しなかったり、動作する前にICが破壊したりすることがあります。
- (3) その他  
出力端子間ショート、端子の天絡、地絡、隣接ピンショート時にICの破壊、場合によっては発煙・発火に至る恐れがありますので、特に電源ライン、GNDライン、出力ラインの設計は十分注意してください。

## 製品取り扱い上のお願い

株式会社東芝およびその子会社ならびに関係会社を以下「当社」といいます。

本資料に掲載されているハードウェア、ソフトウェアおよびシステムを以下「本製品」といいます。

- 本製品に関する情報等、本資料の掲載内容は、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。
- 文書による当社の事前の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。また、文書による当社の事前の承諾を得て本資料を転載複製する場合でも、記載内容に一切変更を加えたり、削除したりしないでください。
- 当社は品質、信頼性の向上に努めていますが、半導体・ストレージ製品は一般に誤作動または故障する場合があります。本製品をご使用頂く場合は、本製品の誤作動や故障により生命・身体・財産が侵害されることのないように、お客様の責任において、お客様のハードウェア・ソフトウェア・システムに必要な安全設計を行うことをお願いします。なお、設計および使用に際しては、本製品に関する最新の情報（本資料、仕様書、データシート、アプリケーションノート、半導体信頼性ハンドブックなど）および本製品が使用される機器の取扱説明書、操作説明書などをご確認の上、これに従ってください。また、上記資料などに記載の製品データ、図、表などに示す技術的な内容、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの情報を使用する場合は、お客様の製品単独およびシステム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。
- 本製品は、特別に高い品質・信頼性が要求され、またはその故障や誤作動が生命・身体に危害を及ぼす恐れ、膨大な財産損害を引き起こす恐れ、もしくは社会に深刻な影響を及ぼす恐れのある機器（以下“特定用途”という）に使用されることは意図されていませんし、保証もされていません。特定用途には原子力関連機器、航空・宇宙機器、医療機器、車載・輸送機器、列車・船舶機器、交通信号機器、燃焼・爆発制御機器、各種安全関連機器、昇降機器、電力機器、金融関連機器などが含まれますが、本資料に個別に記載する用途は除きます。特定用途に使用された場合には、当社は一切の責任を負いません。なお、詳細は当社営業窓口までお問い合わせください。
- 本製品を分解、解析、リバースエンジニアリング、改造、改変、翻案、複製等しないでください。
- 本製品を、国内外の法令、規則及び命令により、製造、使用、販売を禁止されている製品に使用することはできません。
- 本資料に掲載してある技術情報は、製品の代表的動作・応用を説明するためのもので、その使用に際して当社及び第三者の知的財産権その他の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- 別途、書面による契約またはお客様と当社が合意した仕様書がない限り、当社は、本製品および技術情報に関して、明示的にも黙示的にも一切の保証（機能動作の保証、商品性の保証、特定目的への合致の保証、情報の正確性の保証、第三者の権利の非侵害保証を含むがこれに限らない。）をしておりません。
- 本製品、または本資料に掲載されている技術情報を、大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的、あるいはその他軍事用途の目的で使用しないでください。また、輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」等、適用ある輸出関連法令を遵守し、それらの定めるところにより必要な手続を行ってください。
- 本製品の RoHS 適合性など、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問い合わせください。本製品のご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用ある環境関連法令を十分調査の上、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は一切の責任を負いかねます。