

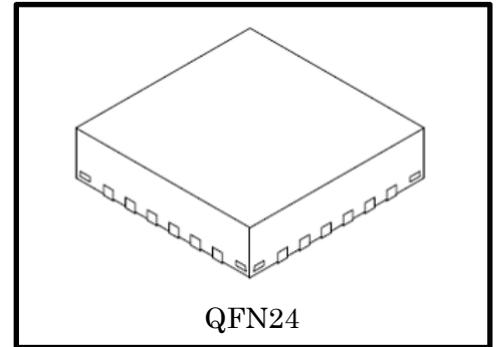
CDMOS 形リニア集積回路 シリコン モノリシック

TC78B027FTG

3相ブラシレスモータ用 1 Hall 正弦波 PWM 駆動プリドライバ IC

1. 概要

TC78B027FTG は、3相ブラシレスモータ用 1 Hall 正弦波 PWM 駆動プリドライバ IC です。外付け FET は N-ch パワー MOSFET を駆動することができます。



2. 用途

サーバファン用

3. 特長

- 1 Hall 対応の正弦波 PWM 駆動
- 上側および下側 N-ch MOSFET 駆動プリドライバ
- Closed loop 速度制御内蔵、速度カーブ設定可能
- ゲート駆動電流調整可能
- 動作電圧範囲 5~16V (5~9V は電気的特性は保証外です)
- シリアルインタフェース
- スタンバイモード
- ソフトスタート
- 回転数出力
- 各種異常検出回路内蔵
熱遮断回路(TSD)、電源低電圧検出(UVLO)、電源過電圧検出(OVP)、
チャージポンプ低電圧検出、出力電流リミット(OCP)、出力過電流検出(ISD)、ロック検知

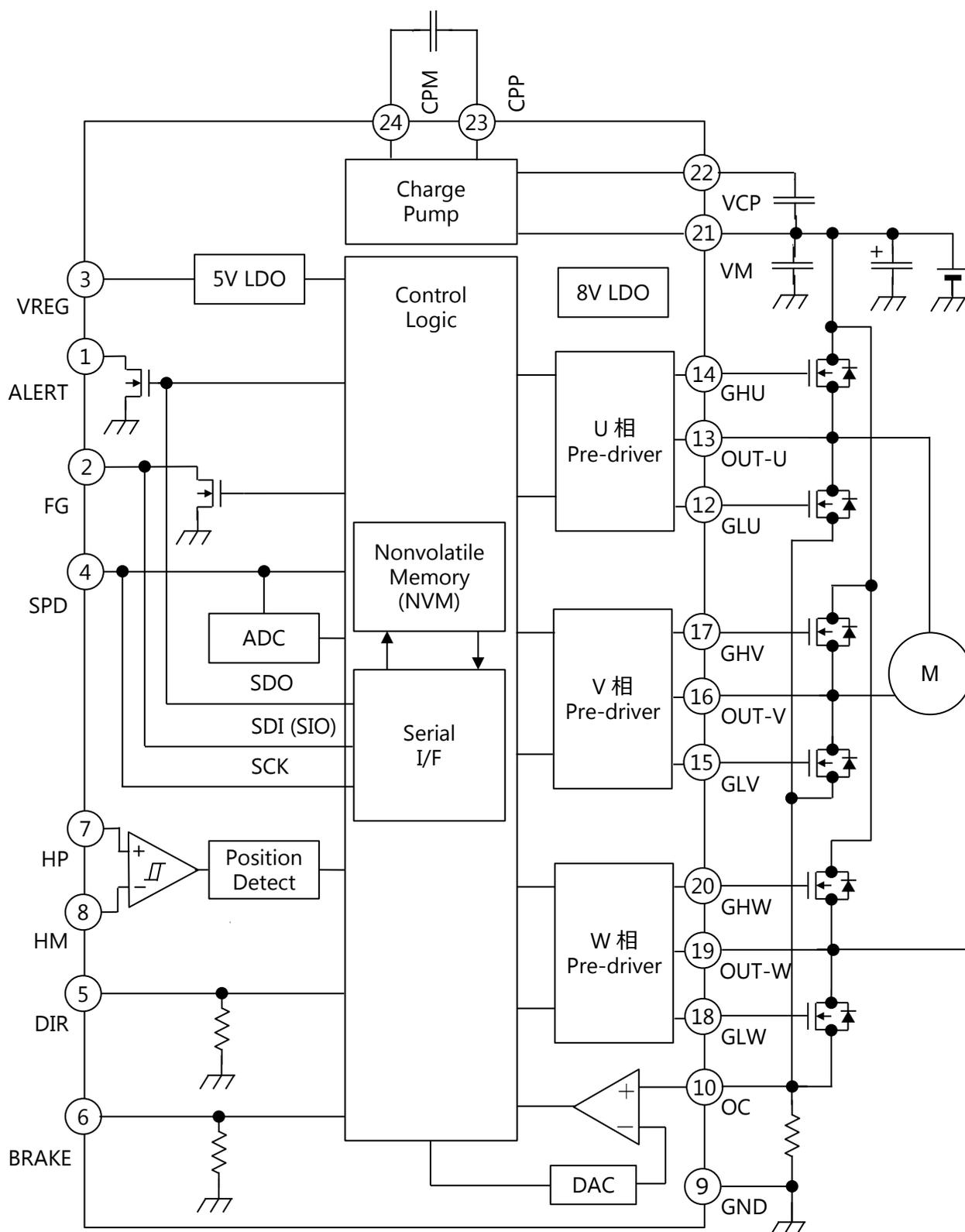
製品量産開始時期
2019-08

内容

1. 概要	1
2. 用途	1
3. 特長	1
4. ブロック図	4
5. 絶対最大定格($T_a = 25^{\circ}\text{C}$)	5
6. 動作範囲(特に指定がない場合は $T_a = -40 \sim 105^{\circ}\text{C}$)	6
7. 端子配置図	6
8. 端子説明	7
9. 入出力等価回路	8
10. 電気的特性(特に指定がない場合 $V_M = 12\text{V}$, $T_a = 25^{\circ}\text{C}$)	11
11. 動作説明	14
11.1. 基本動作	14
11.1.1. 各モードでの IC の状態	15
11.1.2. 1-Hall 駆動	15
11.1.3. PWM 周波数	16
11.1.4. 進角制御	17
11.1.5. ソフトスタート	18
11.1.6. 加減速制御	19
11.1.7. 外付け FET ゲート駆動出力	20
11.1.8. 回転数変化量の制限	20
11.2. 入出力信号	21
11.2.1. SPD	21
11.2.2. DIR	21
11.2.3. ALERT	22
11.2.4. HP, HM	23
11.2.5. FG	25
11.2.6. BRAKE	26
11.3. 速度制御	27
11.3.1. Closed loop 制御	27
11.3.2. Open loop 速度制御	30
11.4. シリアル I/F と NVM	33
11.4.1. シリアル指令	33
11.4.2. 状態レジスタ	34
11.4.3. 通常レジスタ	35
11.4.4. NVM 書き込みフロー	37

11.5. 異常検出機能	38
11.5.1. 各種異常と検出機能	38
11.5.2. ロック検知	38
11.5.3. 出力電流リミット (OCP).....	39
11.5.4. 出力過電流検出 (ISD).....	40
11.5.5. 電源過電圧検出 (OVP)	40
11.5.6. 電源低電圧検出 (UVLO).....	40
11.5.7. チャージポンプ低電圧検出	40
11.5.8. 熱遮断 (TSD)	40
12. 応用回路例.....	41
13. 参考基板レイアウト	42
14. 外形図.....	43
14.1. 外形寸法図.....	43
15. 使用上のご注意およびお願い事項	44
15.1. 使用上の注意事項.....	44
15.2. 使用上の留意点.....	44
製品取り扱い上のお願ひ	45

4. 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。

図 4.1 ブロック図

5. 絶対最大定格(Ta = 25°C)

表 5.1 絶対最大定格

(特に規定しない限り、Ta = 25°C)

項目	記号	定格	単位	
モータ電源電圧	V _M	18	V	
5V 基準電圧	V _{REG}	6 (注 1)	V	
チャージポンプ電圧	V _{CP}	V _M +10 (注 1)	V	
入力電圧	V _{IN}	HP, HM, DIR, BRAKE, OC	-0.3~6	V
		SPD	-0.3~6(18) (注 2)	V
出力電圧	V _{OUT}	ALERT, FG, GLU, OUT-U, GLV, OUT-V, GLW, OUT-W,	18	V
		GHU, GHV, GHW	V _M +10	V
出力電流 (注 3)	I _{OUT}	ALERT, FG, VREG	10	mA
		GLU, GHU, GLV, GHV, GLW, GHW ソース電流	100	mA
		GLU, GHU, GLV, GHV, GLW, GHW シンク電流	200	mA
許容損失	P _D	1.7 (注 4)	W	
動作温度	T _{opr}	-40~105	°C	
保存温度	T _{stg}	-55~150	°C	
接合部温度	T _{J(MAX)}	150	°C	

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: 当該端子の入力電圧は動作範囲内でご使用ください。基板の設計ミスなどにより当該端子が V_M 電位にショートした場合を想定し一定の耐圧を持たせておりますが、IC が劣化しないことを示すものではありません。6V を超える入力がある場合は十分評価の上お客様の責任においてご使用ください。

注 3: 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。接合部温度を超えないように設計を行ってください。

注 4: 基板実装時 (JEDEC 2 層基板 R_{θja} = 73.5 °C/W)

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恐れがあります。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。

6. 動作範囲(特に指定がない場合は $T_a = -40 \sim 105^\circ\text{C}$)

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	$V_{M(opr1)}$	9	12	16	V
VM 電源電圧 2 (注 1)	$V_{M(opr2)}$	5.0	—	9	V
VM 電源電圧 3 (注 2)	$V_{M(opr3)}$	10.8	12	16	V
入力 PWM 指令周波数	f_{rSP}	1	—	100	kHz
入力 SPI CLK 周波数	f_{sCK}	15	—	500	kHz
入力電圧	HP, HM	V_{IN}	—	VREG - 2.0	V
	DIR, SPD, BRAKE, OC		—	5.5	V

注 1: 電気的特性のばらつきは大きくなり、電気的特性保証外です。ご注意ください。

注 2: NVM 書き込み時 VM 電源電圧範囲。

表 6.2 NVM 特性

項目	条件	最小	最大	単位
書き換え回数	$T_j = 0 \sim 90^\circ\text{C}$	10	—	Cycle

7. 端子配置図

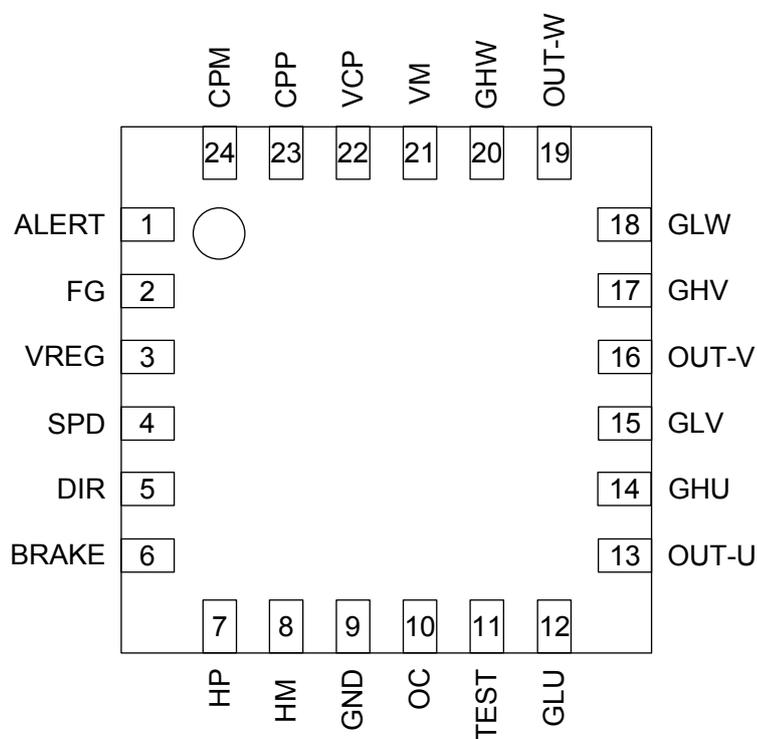


図 7.1 端子配置図

8. 端子説明

表 8.1 端子説明

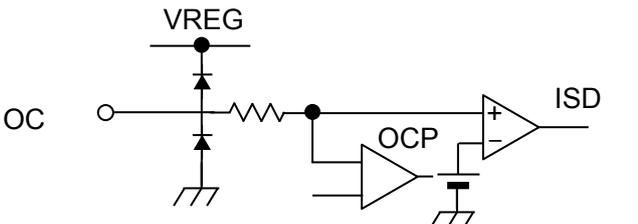
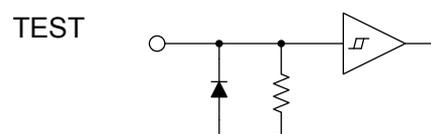
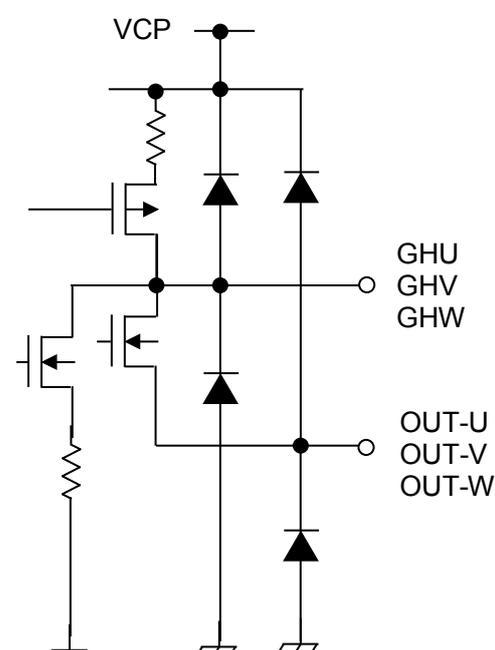
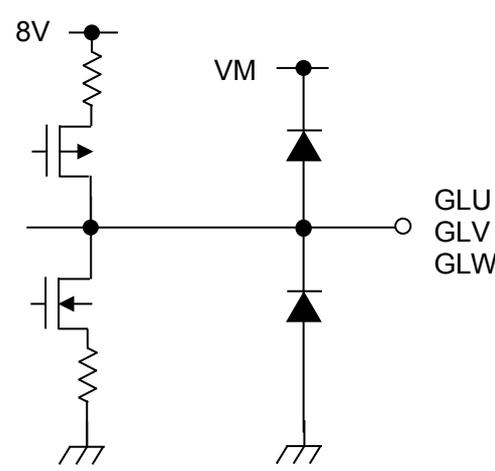
端子番号	名称	入出力	端子説明
1	ALERT	OUT	アラート信号出力端子 / シリアル I/F データ出力端子
2	FG	IO	回転数信号出力端子 / シリアル I/F データ入出力端子
3	VREG	—	5V 基準電圧出力端子
4	SPD(注 1)	IN	速度指令入力端子 / シリアル I/F クロック入力端子
5	DIR	IN	回転方向設定端子(50kΩ pull-down)
6	BRAKE	IN	ブレーキ信号入力端子(50kΩ pull-down)
7	HP	IN	ホール素子入力端子+
8	HM	IN	ホール素子入力端子-
9	GND	—	GND 端子
10	OC	IN	出力電流検出信号入力端子
11	TEST(注 2)	—	TEST 端子
12	GLU	OUT	U 相出力 FET ゲート(下側 N-ch) 駆動用信号出力端子
13	OUT-U	IN	U 相モータ端子
14	GHU	OUT	U 相出力 FET ゲート(上側 N-ch) 駆動用信号出力端子
15	GLV	OUT	V 相出力 FET ゲート(下側 N-ch) 駆動用信号出力端子
16	OUT-V	IN	V 相モータ端子
17	GHV	OUT	V 相出力 FET ゲート(上側 N-ch) 駆動用信号出力 端子
18	GLW	OUT	W 相出力 FET ゲート(下側 N-ch) 駆動用信号出力端子
19	OUT-W	IN	W 相モータ端子
20	GHW	OUT	W 相出力 FET ゲート(上側 N-ch) 駆動用信号出力端子
21	VM	—	電源電圧印加端子
22	VCP	—	チャージポンプ蓄積コンデンサ接続端子
23	CPP	—	チャージポンプ汲み上げコンデンサ接続端子
24	CPM	—	チャージポンプ汲み上げコンデンサ接続端子

注 1: SPD 端子は OPEN で使用しないでください。

注 2: TEST 端子は必ず GND に接続して使用してください。

9. 入出力等価回路

端子名	入出力信号	等価回路
ALERT	ALERT 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	FG 信号出力端子 オープンドレイン シリアル I/F データ入出端子	
VREG	電圧出力端子	
HP HM	ホール信号入力端子	
SPD	速度指令入力端子 シリアル I/F クロック入力端子	
DIR	回転方向信号入力端子 50kΩ pull-down	
BRAKE	ブレーキ信号入力端子 50kΩ pull-down	

端子名	入出力信号	等価回路
OC	出力電流検出信号入力端子	
TEST	TEST 端子 50kΩ pull-down	
GHU GHV GHW OUT-U OUT-V OUT-W	GHx : FET ゲート(上側 N-ch) 駆動 用信号出力端子 OUT-x : モータ端子	
GLU GLV GLW	FET ゲート(下側 N-ch) 駆動用信号 出力端子	

端子名	入出力信号	等価回路
<p>VCP CPP CPM</p>	<p>チャージポンプ</p>	

10. 電気的特性(特に指定がない場合 $V_M = 12V$, $T_a = 25^\circ C$)

表 10.1 電気的特性

項目	記号	測定条件	最小	標準	最大	単位	
電源電流	I_{VM}	$V_M = 12V$, V_{REG} : Open, Hall 入力周波数 = 100Hz, 出力: Open	—	10	12.5	mA	
	I_{STBY}	$V_M = 12V$, スタンバイモード	—	0.33	0.5	mA	
VREG 端子電圧	V_{REG}	$V_M = 12V$, $I_{OUT} = 0 \sim 10mA$	4.5	5.0	5.5	V	
チャージポンプ電圧	V_{CP}	$V_M - V_{CP}$ 端子間: $0.1\mu F$, CPP – CPM 端子間: $0.01\mu F$ $V_M = 9V$	$V_M + 7.6$	$V_M + 8.1$	$V_M + 8.6$	V	
通電信号出力電圧	$V_{O(H)-(H)}$	GHU, GHV, GHW の $I_{OUT} = -1mA$	$V_{CP} - 0.5$	—	V_{CP}	V	
	$V_{O(H)-(L)}$	GHU, GHV, GHW の $I_{OUT} = 1mA$	—	—	0.6	V	
	$V_{O(L)-(H)}$	GLU, GLV, GLW の $I_{OUT} = -1mA$	6.9	7.7	8.5	V	
	$V_{O(L)-(L)}$	GLU, GLV, GLW の $I_{OUT} = 1mA$	—	—	0.6	V	
ホール入力信号	同相入力電圧範囲	V_{HCMR}	—	—	$V_{REG} - 2.0$	V	
	入力振幅範囲	V_H	—	—	—	mV	
	入力電流	I_{HIN}	—	—	1	μA	
	ヒステリシス+電圧	V_{HHYS+}	—	+8	—	mV	
	ヒステリシス-電圧	V_{HHYS-}	—	-8	—	mV	
SPD 端子	スタンバイモード制御電圧	$V_{STBY(L)}$	移行電圧	1.00	1.15	—	V
		$V_{STBY(H)}$	解除電圧	—	1.25	1.40	V
		$V_{STBY(hys)}$	ヒステリシス電圧	—	100	—	mV
	入力電流	I_{SPD}	SPD 端子電圧 = $0V \sim V_{REG}$	—	—	1	μA
SPD 端子(PWM Duty 入力時)	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
	入力周波数	f_{TSP}	—	1	—	100	kHz
	100%Duty 検出時間	$T_{duty(100)}$	—	—	1.5	—	ms
0%Duty 検出時間	$T_{duty(0)}$	—	—	100	—	ms	
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	$I_{DIR(H)}$	DIR 端子電圧 = 5V	80	100	120	μA
		$I_{DIR(L)}$	DIR 端子電圧 = 0V	—	—	1	μA
BRAKE 端子	入力電圧	$V_{BRK(H)}$	High 電圧	2.0	—	5.5	V
		$V_{BRK(L)}$	Low 電圧	-0.3	—	1.0	V
		$V_{BRK(hys)}$	ヒステリシス電圧	—	200	—	mV
	入力電流	$I_{BRK(H)}$	BRAKE 端子電圧 = 5V	80	100	120	μA
		$I_{BRK(L)}$	BRAKE 端子電圧 = 0V	—	—	1	μA

項目	記号	測定条件	最小	標準	最大	単位	
内部 OSC 周波数	f _{OSC}	—	11.64	12.00	12.36	MHz	
出力 PWM 周波数	f _{PWM(1)}	f _{OSC} = 12MHz, PWMSEL[2:0] = 000	—	23.4	—	kHz	
	f _{PWM(2)}	f _{OSC} = 12MHz, PWMSEL[2:0] = 011	—	187.5	—	kHz	
FG 端子	出力 Low 電圧	V _{OFGL}	FG 端子電流 = 5mA	—	0.15	0.30	V
	出力リーク電流	I _{OFGR}	FG 端子電圧 = 18V	—	1.5	5.0	μA
ALERT 端子	出力 Low 電圧	V _{OAL(L)}	ALERT 端子電流 = 5mA	—	0.15	0.30	V
	出力リーク電流	I _{OALR}	ALERT 端子電圧 = 18V	—	—	1.0	μA
出力電流リミット回路基準電圧	V _{OC}	0.250V 設定時	0.2	0.25	0.3	V	
		0.125V 設定時	0.1	0.125	0.15	V	
出力過電流検出回路基準電圧	V _{ISD}	0.5V 設定時	0.4	0.5	0.6	V	
		1.0V 設定時	0.8	1.0	1.2	V	
OC 端子 Open 検出電流	I _{OC(D)}	OC 端子電圧 = 0V	—	0.1	1	μA	
過熱検出	遮断動作温度	T _{TSD(D)}	温度上昇時(設計値)	—	170	—	°C
	解除ヒステリシス温度	ΔT _{TSD}	温度下降時(設計値)	—	40	—	°C
	遮断解除温度	T _{TSD(R)}	温度下降時(設計値)	—	130	—	°C
過電圧検出	正弦波→150°切替電圧	V _{OV(D)}	V _M 電源電圧上昇時	16.5	17.2	17.9	V
	150°→正弦波復帰ヒステリシス電圧	ΔV _{OV}	V _M 電源電圧下降時	—	400	—	mV
	150°→正弦波復帰電圧	V _{OV(R)}	V _M 電源電圧下降時	16.1	16.8	17.5	V
V _M 低電圧検出	UVLO 動作電圧	V _{MUV(D)}	V _M 電源電圧下降時	3.7	3.9	4.1	V
	UVLO ヒステリシス電圧	ΔV _{MUV}	V _M 電源電圧上昇時	—	300	—	mV
	UVLO 解除電圧	V _{MUV(R)}	V _M 電源電圧上昇時	4.0	4.2	4.4	V
V _{REG} 低電圧検出	UVLO 動作電圧	V _{RUV(D)}	V _{REG} 電源電圧下降時	—	3.7	—	V
	UVLO ヒステリシス電圧	ΔV _{RUV}	V _{REG} 電源電圧上昇時	—	300	—	mV
	UVLO 解除電圧	V _{RUV(R)}	V _{REG} 電源電圧上昇時	—	4.0	—	V
チャージポンプ低電圧検出	UVLO 動作電圧	V _{CUV(D)}	V _M - V _{CVP} 端子間電圧下降時 V _M ≥ 5.5V	—	3.7	—	V
	UVLO ヒステリシス電圧	ΔV _{CUV}	V _M - V _{CVP} 端子間電圧上昇時 V _M ≥ 5.5V	—	300	—	mV
	UVLO 解除電圧	V _{CUV(R)}	V _M - V _{CVP} 端子間電圧上昇時 V _M ≥ 5.5V	—	4.0	—	V

表 10.2 シリアル I/F

項目	記号	測定条件	最小	標準	最大	単位	
SCK	入力電圧	$V_{SCK(H)}$	High 電圧	2.0	—	5.5	V
		$V_{SCK(L)}$	Low 電圧	-0.3	—	1.0	V
		$V_{SCK(hys)}$	ヒステリシス電圧	—	100	—	mV
	入力周波数	f_{SCK}	—	—	500	kHz	
	High 時間	t_{WH}	—	—	—	μ s	
Low 時間	t_{WL}	—	—	—	μ s		
SDI (SIO)	Set up 時間	t_{SDIS}	—	—	—	μ s	
	Hold 時間	t_{SDIH}	—	—	—	ns	
SDO(SIO) Set up 時間	t_{SDOS}	—	—	—	500	ns	

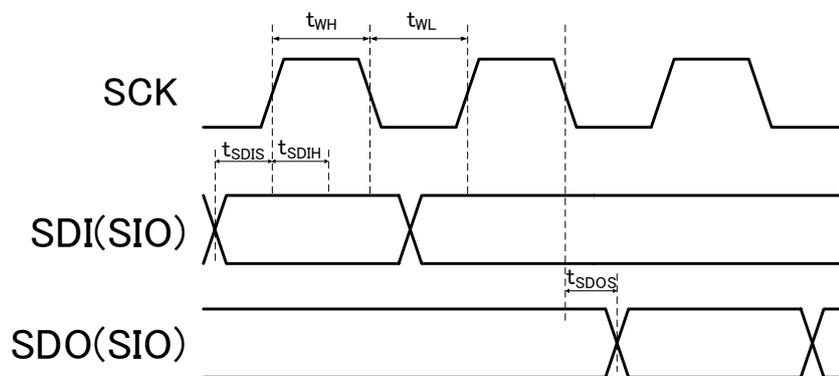


図 10.1 シリアル I/F タイミングチャート

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。また外付けマイコン不要で Closed loop 速度制御機能を実現しています。SPD 端子に PWM 信号またはアナログ電圧を印加することで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来ないとスタンバイモードに移行します。スタンバイモードでは、IC の内部 5V 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 5V 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。最低回転数が有効や SPD 指令を逆ロジックに設定などにより、SPD 端子電圧が $V_{STBY(L)}$ 以下でもモータ停止しない場合、スタンバイモードが無効になります。

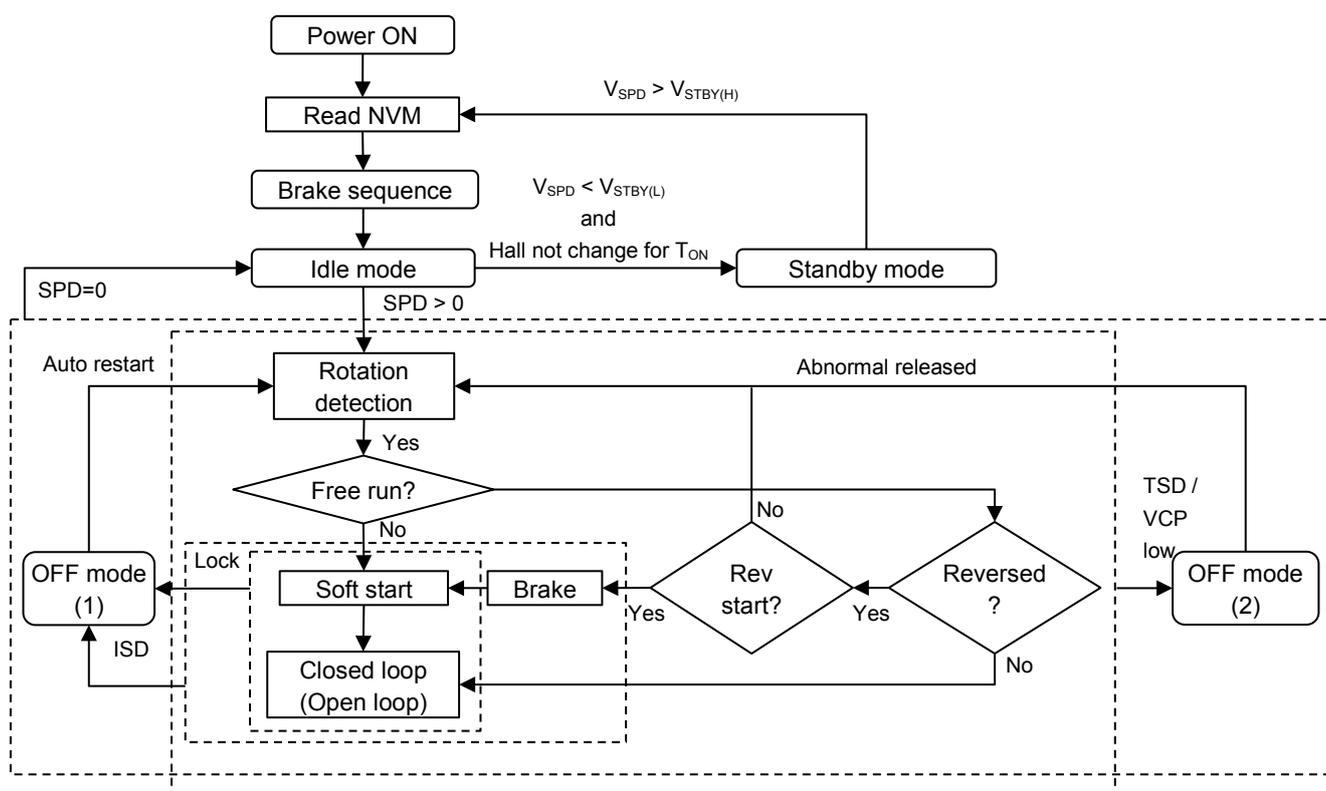


図 11.1 基本動作フローチャート

11.1.1. 各モードでの IC の状態

		Read NVM	Stop mode	OFF mode (1)	OFF mode (2)	Standby mode	Normal mode
VREG		5V	5V	5V	5V	OFF	5V
Charge pump		動作	動作	動作	動作	停止	動作
FG 機能	FG	処理中 : L 処理後 : Hi-Z	Hall 出力 (1Hz 以下 Hi-Z)	Hi-Z	Hall 出力 (1Hz 以下 Hi-Z)	Hi-Z	Hall 出力 (1Hz 以下 Hi-Z)
	RDO		状態維持	状態維持	状態維持	Hi-Z	ロック検出 : L ロック解除 : Hi-Z
ALERT		Hi-Z	状態維持(注 1)	L(注 3)	L(注 3)	Hi-Z	異常(注 2)検出 : L(注 3) 異常解除 : Hi-Z
GLx(x:U,V,W) GHx(x:U,V,W)		L	L	L	L	Hi-Z	動作

注 1 : TSD / VCP 低下が発生した場合、ALERT=L、異常がなくなったら解除します。

注 2 : 異常=ISD / TSD / VCP 低下 / ロックを意味しています。

注 3 : ALERTINV=0 のときです。ALERTINV=1 の時は H が出力されます。

11.1.2. 1-Hall 駆動

本 IC では、1-Hall の正弦波駆動機能と 1-Hall の 150°駆動機能を内蔵しています。

正弦波駆動・150°駆動はレジスタの設定で切替できます。

回転方向は DIR 端子状態とレジスタの設定で決めます。

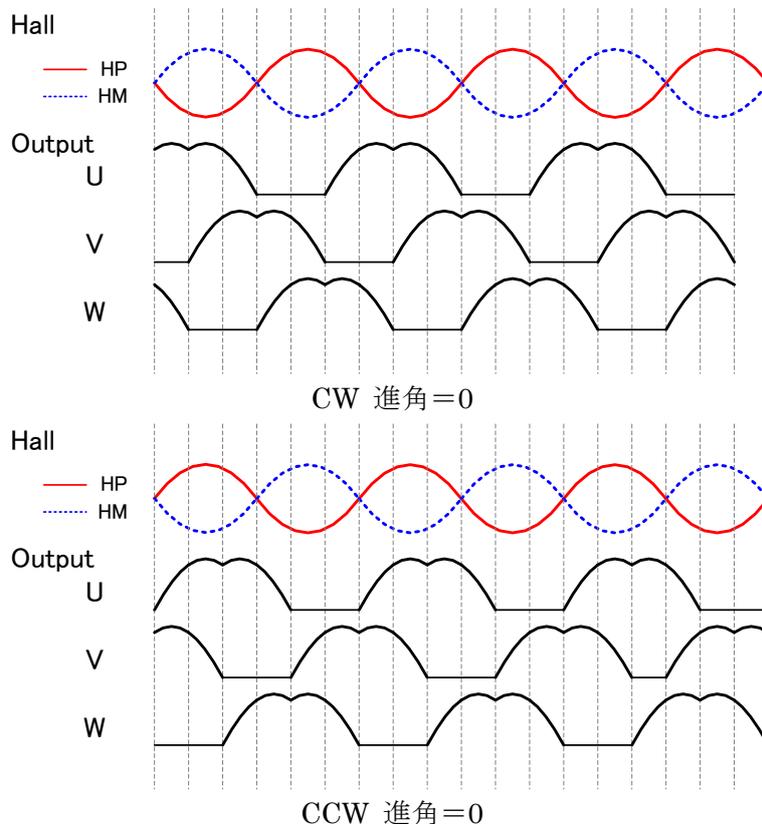


図 11.2 Hall 入力と正弦波駆動出力波形のタイミングチャート

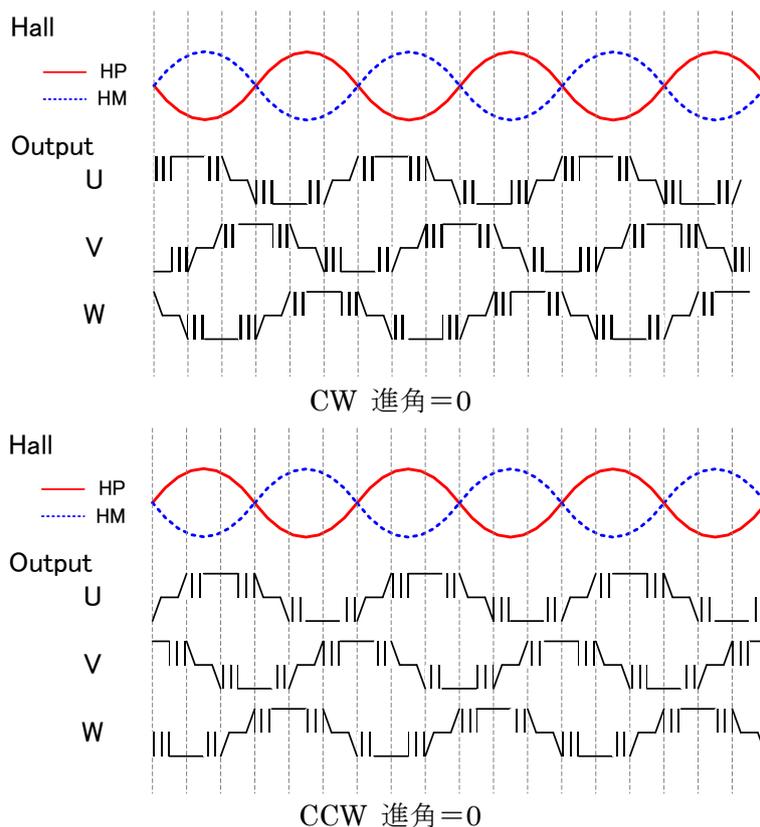


図 11.3 Hall 入力と 150°駆動出力波形のタイミングチャート

11.1.3. PWM 周波数

出力 PWM の周波数は IC 内部クロックから分周して生成します。

表 11.1 分周比に対する出力 PWM 周波数

分周比	出力 PWM 周波数
512	23.4kHz
256	46.9kHz
128	93.7kHz
64	187.5kHz

表 11.2 出力 PWM 周波数設定

PWMSEL[2:0]			f _{hall}					
			0~250 150~0	250~500 400~150	500~1000 900~400	1000~1500 1400~900	1500~2000 1900~1400	2000~ ~1900
0	0	0	23.4kHz					
0	0	1	46.9kHz					
0	1	0	93.7kHz					
0	1	1	187.5kHz					
1	0	0	23.4kHz	23.4kHz	46.9kHz	46.9kHz	93.7kHz	93.7kHz
1	0	1	23.4kHz	46.9kHz	46.9kHz	93.7kHz	93.7kHz	187.5kHz
1	1	0	23.4kHz	46.9kHz	93.7kHz	93.7kHz	187.5kHz	187.5kHz
1	1	1	46.9kHz	93.7kHz	93.7kHz	187.5kHz	187.5kHz	187.5kHz

減速時 100Hz のヒステリシスがあります。

11.1.4. 進角制御

進角制御機能を内蔵しています。

進角制御のため、LTABLE の設定に従って Hall 信号に対して位相補正を行います。

表 11.3 進角テーブル

LTABLE[4:0]					進角値
0	0	0	0	0	LTABLE = 0~27 進角(deg) = 1.875(deg) × 回転数(RPM) / 4096 × LTABLE ただし、進角の最大値は 58.125°
.....					
1	1	0	1	1	7.5° 固定
1	1	1	0	0	15° 固定
1	1	1	1	0	22.5° 固定
1	1	1	1	1	30° 固定

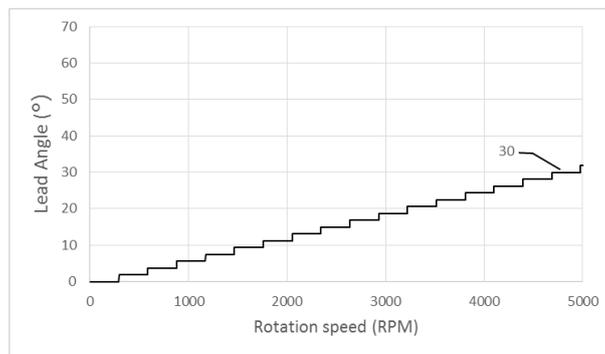


図 11.4 進角設定例 LTABLE = 14 (1b01110)

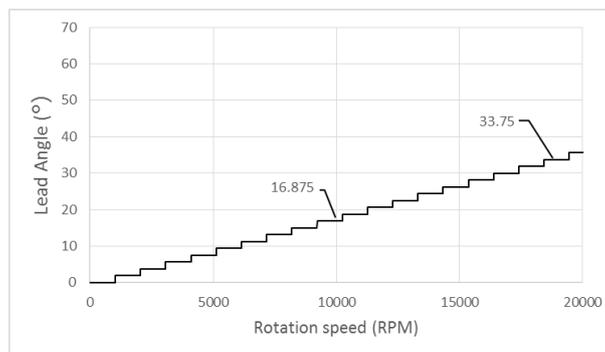


図 11.5 進角設定例 LTABLE = 4 (1b00100)

1-Hall 正弦波駆動の場合、「モータ駆動電流のゼロクロス」と「補正後の Hall 信号のゼロクロス」の位相差を自動補正できます。

表 11.4 進角制御方式設定

LASEL	進角制御方式
0	InPAC 有効
1	InPAC 無効

- LASEL=0 時、位相差の自動補正機能が有効です。
 進角 = InPAC 自動進角 + LATABLE 進角
 ただし、低速時モータ電流が少なくて、ゼロクロスの検出が困難のため、回転数が startup frequency 以下になると、InPAC 進角を 0° に固定します。
 LASEL=1 時、InPAC は無効。InPAC 自動進角を 0° に固定します。

11.1.5. ソフトスタート

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

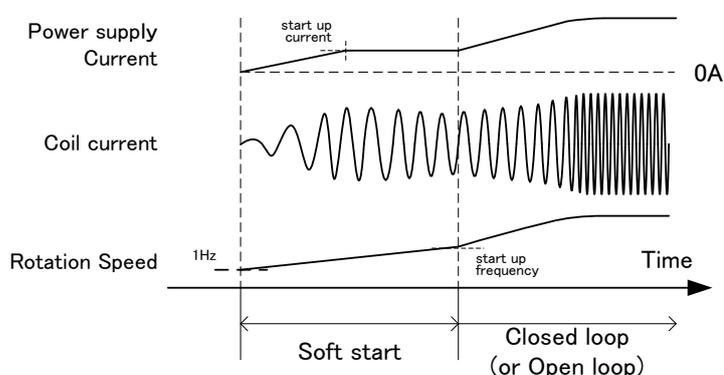


図 11.6 ソフトスタート時のタイミングチャート

- 出力 Duty は 0%から徐々に増加します。出力電流が起動電流 (startup current) になるように出力 Duty を制限します。
- 回転周波数は 1Hz から回転をスタートします。切り替え周波数(startup frequency)に到達したら、Closed loop、または Open loop 制御に切り替えます。
- 駆動方式は正弦波駆動時に正弦波を出力します。150°駆動時には 150°通電パターンを出力します。

起動時の回転速度が遅いモータでロック検知しないように、ソフトスタート時のロック検知の検出時間をレジスタ設定で延ばすことができます。

表 11.5 ソフトスタート時のロック検知時間設定

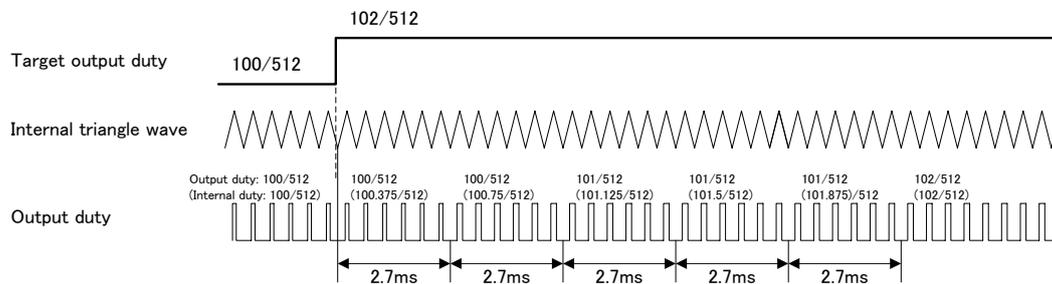
SS_LOCK	ロック検出時間 (s)
0	TON × 1
1	TON × 5

11.1.6. 加減速制御

出力 Duty の変更量を制限することで、モータの加減速を制限します。

表 11.6

Duty change limit (DUTYCHGLIMIT)	2.7ms ごと Duty 変動量 ($\Delta/512$)	加減速時間 (sec) 0%~100%
0	無効(64/8)	0.17
1	2/8	5.53
2 (default)	3/8	3.69
3	4/8	2.76
4	6/8	1.84
5	10/8	1.11
6	20/8	0.55
7	56/8	0.20



例： Duty change limit = 2 の時

図 11.7

表 11.7

項目	ソフトスタート	Closed-loop 中			Open-loop 中	減速ブレーキ中	逆転ブレーキ中
		加速	安定	減速			
更新タイミング	2.7ms	10.8ms/2.7ms	2.7ms	10.8ms/2.7ms	10.8ms/2.7ms	10.8ms/2.7ms	
Duty の増減量	ソフトスタート用 Duty chg limit	Duty chg limit	PI 制御の Duty (Duty chg limit の制限あり)	Duty chg limit	Duty chg limit	Duty chg limit	

11.1.7. 外付け FET ゲート駆動出力

IC 内部で生成された駆動信号により外付け FET ゲート駆動信号を出力します。本製品は 6 つのハーフブリッジプリドライバで構成されており、上側および下側 N-ch MOSFET を駆動することができます。上側の外付け FET ゲート駆動電圧は $V_M + 8V(\text{typ.})$ 、下側の外付け FET ゲート駆動電圧は $8V(\text{typ.})$ となります。ISOURCE_SEL、ISINK_SEL のレジスタ設定によりスルーレートの調整が可能です。

表 11.8 上側および下側 MOSFET 用ソース電流設定

ISOURCE_SEL [2:0]	上側および下側ソース電流 (mA)
000	10.0
001	13.9
010	19.3
011	26.8
100	37.3
101	51.8
110	72.0
111	100.0

表 11.9 上側および下側 MOSFET 用シンク電流設定

ISINK_SEL [2:0]	上側および下側シンク電流 (mA)
000	20.0
001	27.8
010	38.6
011	53.7
100	74.6
101	103.6
110	143.9
111	200.0

11.1.8. 回転数変化量の制限

モータ回転数を下げるときの回転数の変化量を制限することで、回転数が急激に下がったときのモータ停止を防ぎます。

表 11.10 回転数変化量の制限設定

RPMLIMIT[2:0]	回転数変化量(rpm)
000	無制限
001	512
010	2200
011	3800
100	5400
101	7000
110	8600
111	10240

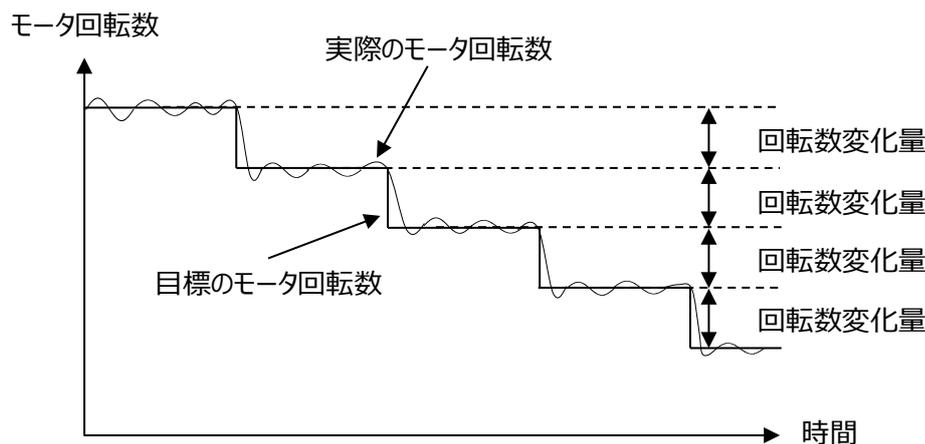


図 11.8 目標とする回転数に到達するまでのイメージ

11.2. 入出力信号

11.2.1. SPD

SPD 端子はモータの起動、停止と回転数を制御する端子です。

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

表 11.11 正/逆ロジック処理

	正ロジック	逆ロジック
アナログ電圧入力	$V_{VSP(L)}$ → SPD 指令=0 (0%) $V_{VSP(H)}$ → SPD 指令=512 (100%)	$V_{VSP(L)}$ → SPD 指令=512 (100%) $V_{VSP(H)}$ → SPD 指令=0 (0%)
PWM Duty 入力	H active	L active ^(注)

注：入力信号を IC 内部で信号の極性を反転し、反転後の信号を正ロジックの SPD として使用します

デフォルトは正ロジックです。

SPD 信号がアナログ電圧信号の場合、 $V_{VSP(L)}$ ~ $V_{VSP(H)}$ の電圧に対して 9-bit の分解能を持ちます。

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

さらに、SPD 端子はシリアルインタフェースのクロック入力端子(SCK)です。

11.2.2. 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 端子のハイ・ローと回転関係はレジスタにより設定できます。

表 11.12 レジスタと DIR 端子の関係

レジスタ(DIR)	DIR 端子	回転方向
0	L	CW
	H	CCW
1	L	CCW
	H	CW

11.2.3. ALERT

ALERT 端子はオープンドレイン出力です。異常状態(ISD、TSD、モータロック、低速(Fault alarm)、Charge pump 低電圧)を検出時、ALERT 端子から信号を出力します。

さらに、ALERT 端子はシリアルインタフェースのデータ出力端子(SDO)です。シリアルインタフェースが 3 線モードの場合、ALERT 端子はシリアル I/F のデータ出端子(SDO)と兼用します。シリアルインタフェースが 2 線モードの場合、ALERT 端子は ALERT 信号を出力します。

ISD、TSD、モータロック、Charge pump 低電圧検出時、ALERT 端子から「L」を出力します。

低速(Fault alarm)検出は起動回転数(STARTRPM で設定した回転数)が 10s 以上下表の検出閾値になると動作します。また、低速(Fault alarm)検出は起動回転数の 70%以上になると解除されます。

表 11.13 低速(Fault alarm)検出閾値の検出条件

起動回転数設定	検出閾値
起動回転数 $\geq 1000\text{rpm}$	起動回転数 $\times 50\%$
$700\text{rpm} \geq \text{起動回転数} > 1000\text{rpm}$	起動回転数 $- 500\text{rpm}$
$288\text{rpm} \geq \text{起動回転数} > 700\text{rpm}$	200rpm
起動回転数 $< 288\text{rpm}$	未検出

ALERT 端子から出力される信号はレジスタ設定によって下表のようになります。

表 11.14 レジスタと FG 端子出力/ALERT 端子出力の関係

レジスタ設定			FG 端子出力(注 1)		ALERT 端子出力(注 2)	
RDSEL	ALRMSEL	ALERTINV	検出信号	極性	検出信号	極性
0	0	0	FG	—	ロック検知 / チャージポンプ低電圧検出 / ISD / TSD	L
0	0	1	FG	—	ロック検知 / チャージポンプ低電圧検出 / ISD / TSD	H
0	1	0	FG	—	低速(Fault alarm) / チャージポンプ低電圧検出 / ISD / TSD(注 3)	L
0	1	1	FG	—	低速(Fault alarm) / チャージポンプ低電圧検出 / ISD / TSD(注 3)	H
1	0	0	ロック検知	L	ロック検知 / チャージポンプ低電圧検出 / ISD / TSD	L
1	0	1	ロック検知	L	ロック検知 / チャージポンプ低電圧検出 / ISD / TSD	H
1	1	0	低速(Fault alarm)	L	低速(Fault alarm) / チャージポンプ低電圧検出 / ISD / TSD(注 3)	L
1	1	1	低速(Fault alarm)	L	低速(Fault alarm) / チャージポンプ低電圧検出 / ISD / TSD(注 3)	H

注 1: FG 端子からロック検知または低速(Fault alarm)の検出信号が出力される時、極性は「L」となり、「L」を出力します。電源投入または STBY モードからの再起動時、FG 端子は約 3ms の間「L」を出力します。

注 2: REVALERT が 1 に設定された場合、逆転検出時に ALERT 信号は出力されます。

注 3: チャージポンプ低電圧検出 / ISD / TSD の異常検出信号は遅延時間やマスク時間はなく、異常が発生した直後に出力されます。

11.2.4. 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。

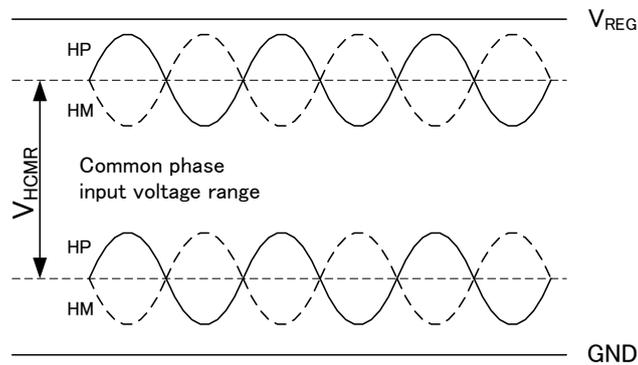


図 11.9 Hall 信号波形

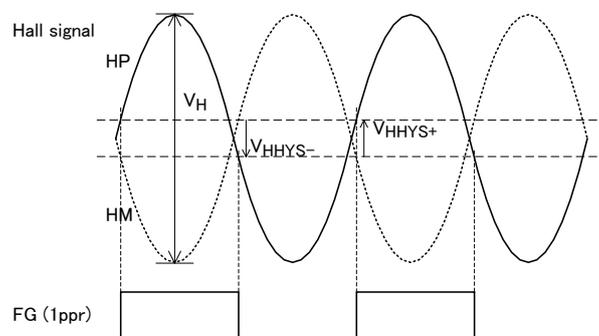


図 11.10 Hall 信号と FG 信号波形

注：Hall IC を使用する場合は必ず信号を HP 端子に入力し、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

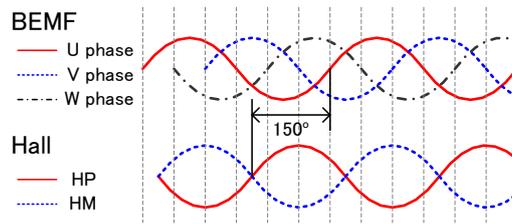


図 11.11 正転(CW)時の Hall 信号と誘起電圧の位相関係

逆転(CCW)時

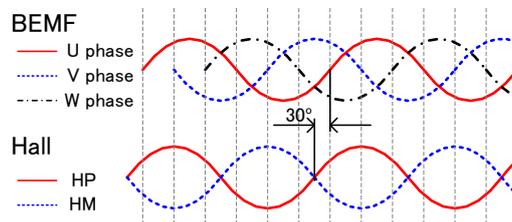


図 11.12 逆転(CCW)時の Hall 信号と誘起電圧の位相関係

デフォルトのホール素子配置位置の例は下図に示します。

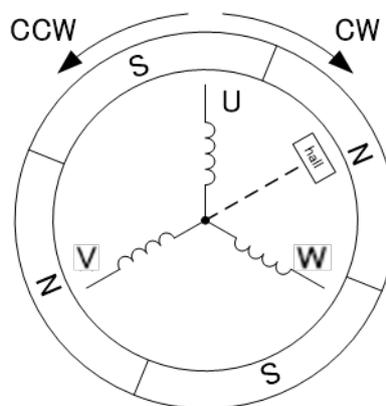


図 11.13 デフォルトの Hall 素子配置位置例

11.2.5. 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 端子はシリアルインタフェースのデータ入力端子(SDI)もしくは入出力端子(SIO)です。

FG 信号は 1ppr、3ppr、2.4ppr、0.5ppr など選択可能です。モータの 1 回転で出力する FG パルス数を下表に示します。

表 11.15 FG 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	1ppr	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	3ppr	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 1Hz 以上の場合、FG 端子から信号は出力されます。1Hz 未満の場合、FG 端子は Hi-Z 固定です。

注：FG 信号が 1ppr に設定された場合、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、内部演算した結果を出力されます。

FG 端子はシリアルインタフェースのデータ入出力端子と兼用します。

シリアルインタフェースが 3 線モードの場合、FG 端子はシリアルインタフェースのデータ入力端子(SDI)と兼用します。シリアルインタフェースが 2 線モードの場合、FG 端子はシリアルインタフェースのデータ入出力端子(SIO)と兼用します。

11.2.6. BRAKE

BRAKE 端子はモータの OFF、ショートブレーキ、逆転ブレーキ、減速ブレーキを制御する端子です。

表 11.16

BRAKE 端子	レジスタ		モータの状態
	BRK_INV	BRK_MODE[1:0]	
L	0:極性反転無効	Don't care	通常動作
L	1:極性反転有効	00	通常動作
L	1:極性反転有効	01	ショートブレーキ
L	1:極性反転有効	10	逆転ブレーキ
L	1:極性反転有効	11	減速ブレーキ
H	0:極性反転無効	00	通常動作
H	0:極性反転無効	01	ショートブレーキ
H	0:極性反転無効	10	逆転ブレーキ
H	0:極性反転無効	11	減速ブレーキ
H	1:極性反転有効	Don't care	通常動作

表 11.17

電源投入時の出力段の状態	BRAKEALT	ALARMSEL	ALERT 端子の状態
ショートブレーキ	Don't care	Don't care	チャージポンプ低電圧検出 / ISD / TSD
逆転ブレーキ	0	0	チャージポンプ低電圧検出 / ISD / TSD
逆転ブレーキ	1	0	モータ停止検知 / チャージポンプ低電圧検出 / ISD / TSD
逆転ブレーキ	Don't care	1	チャージポンプ低電圧検出 / ISD / TSD
減速ブレーキ	Don't care	Don't care	チャージポンプ低電圧検出 / ISD / TSD

11.3. 速度制御

11.3.1. Closed loop 制御

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。

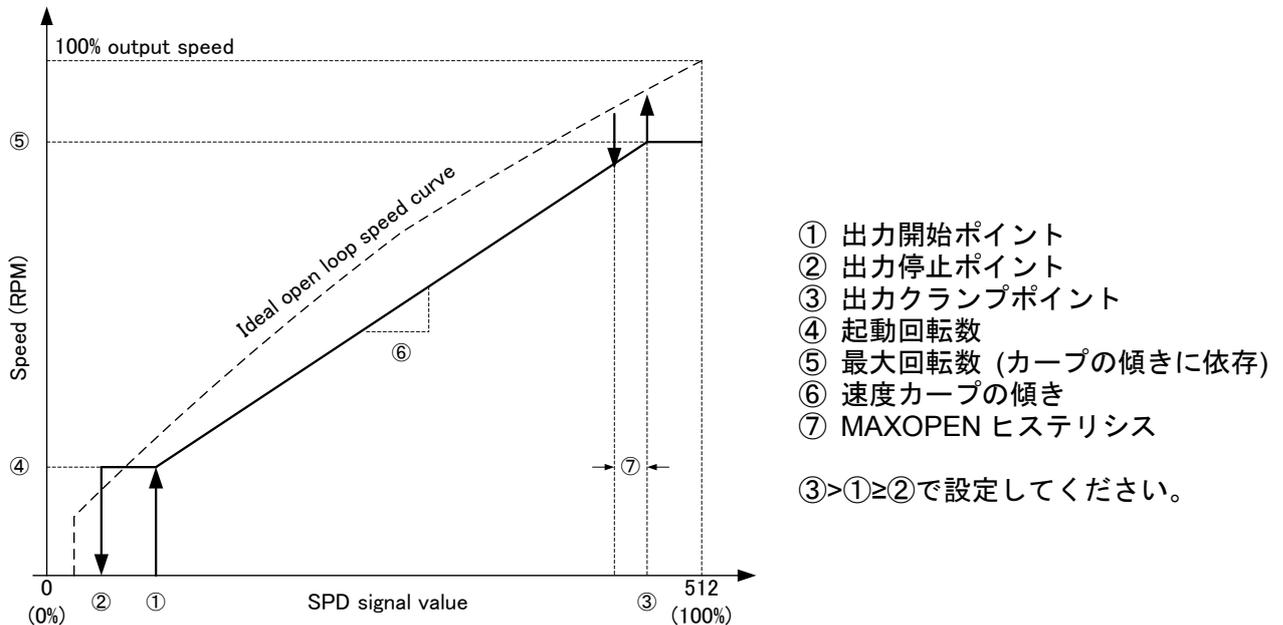


図 11.14 Closed loop 速度カーブ例

- 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。
 $SPEEDSLOP = 64 \times (Maximum\ speed - Startup\ speed) / (MAXDUTY + 257 - STARTDUTY)$

- ① 出力開始ポイント
 - ② 出力停止ポイント
 - ③ 出カクランプポイント
 - ④ 起動回転数
 - ⑤ 最大回転数 (カーブの傾きに依存)
 - ⑥ 速度カーブの傾き
 - ⑦ MAXOPEN ヒステリシス
- ③ > ① ≥ ② で設定してください。

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 11.18 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。

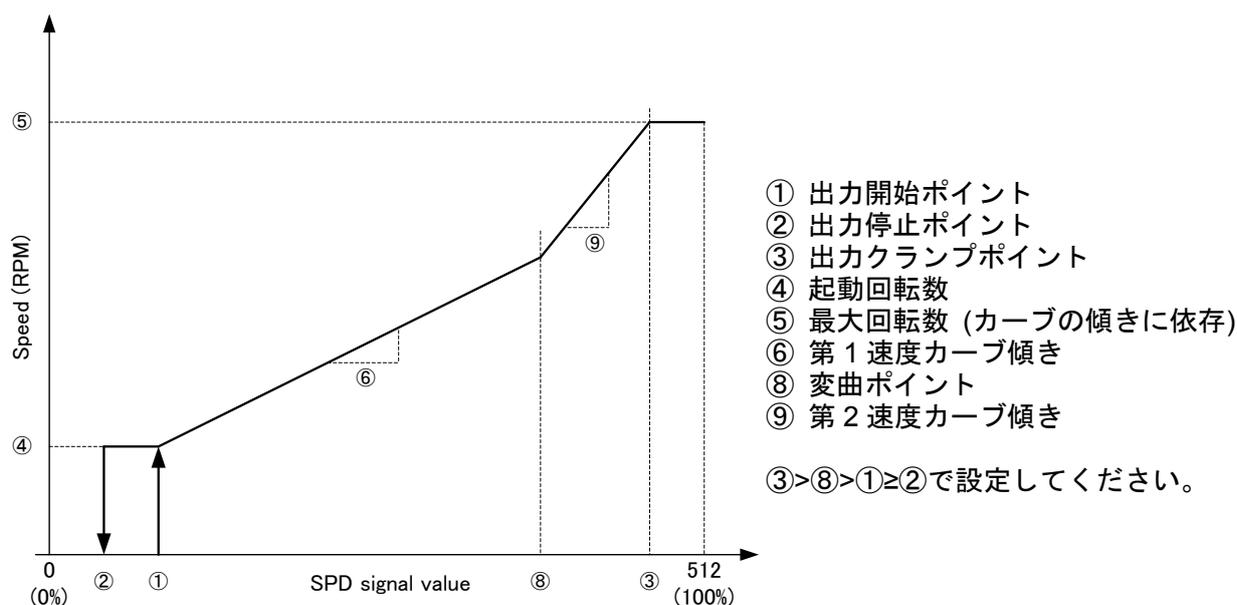


図 11.15 Closed loop 速度カーブ例 変曲ポイント追加

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。

DIR50 レジスタを 1 に設定すると、モータの回転方向が SPD 入力信号の Duty によって制御されます。Duty が 50%以上で正転、Duty が 50%未満で逆転動作となります。

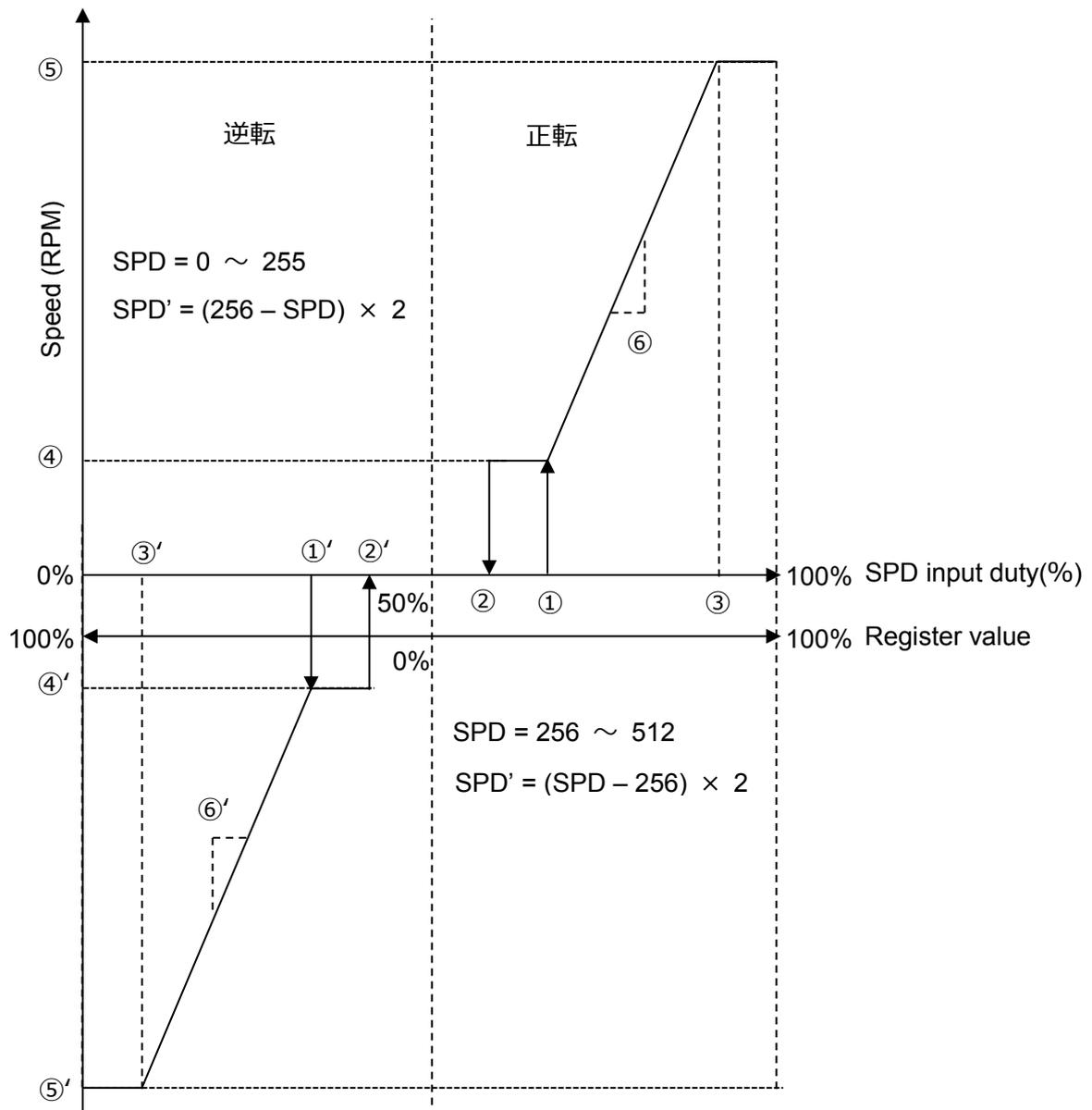


図 11.16 DIR50=1 時の Closed loop 速度カーブ例

11.3.2. Open loop 速度制御

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。

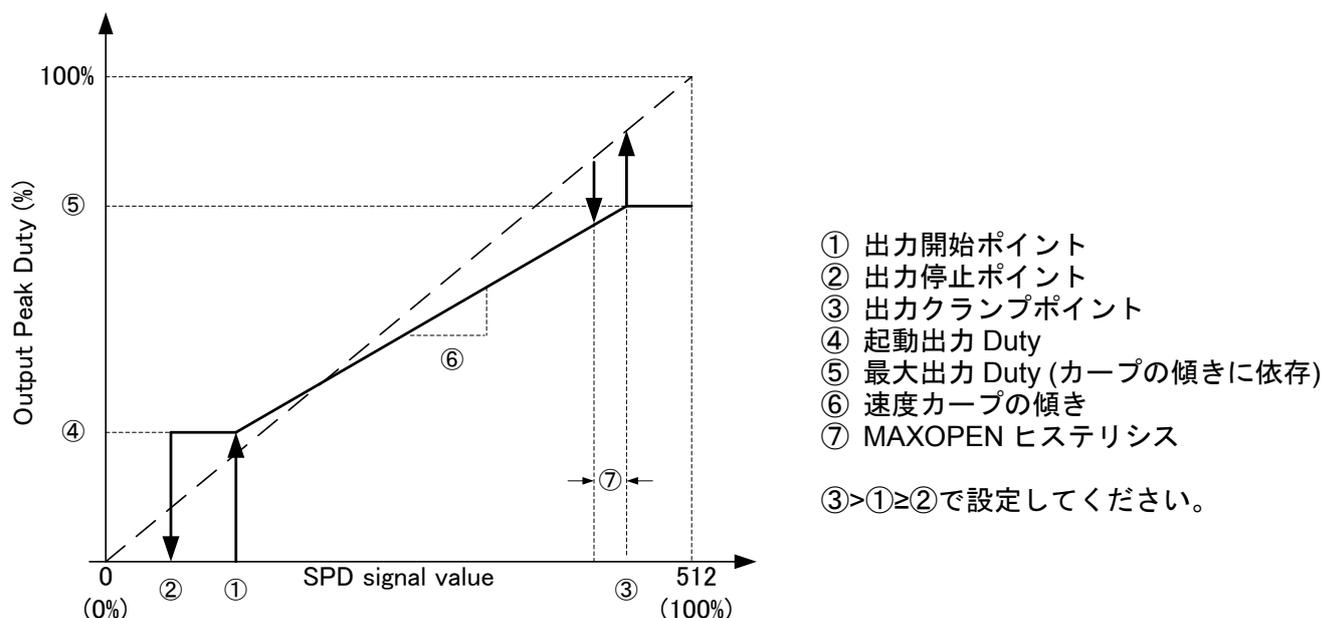


図 11.17 Open loop 速度カーブ例

- 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 11.19 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。

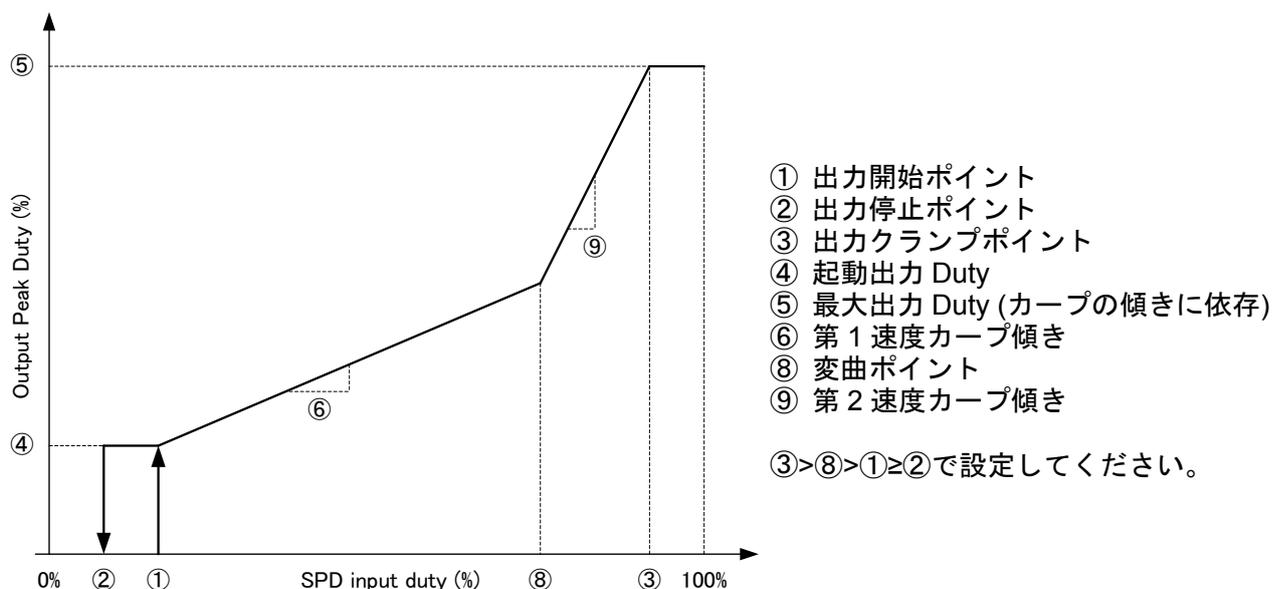


図 11.18 Open loop 速度カーブ例 変曲ポイント追加

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。

DIR50 レジスタを 1 に設定すると、モータの回転方向が SPD 入力信号の Duty によって制御されます。Duty が 50%以上で正転、Duty が 50%未満で逆転動作となります。

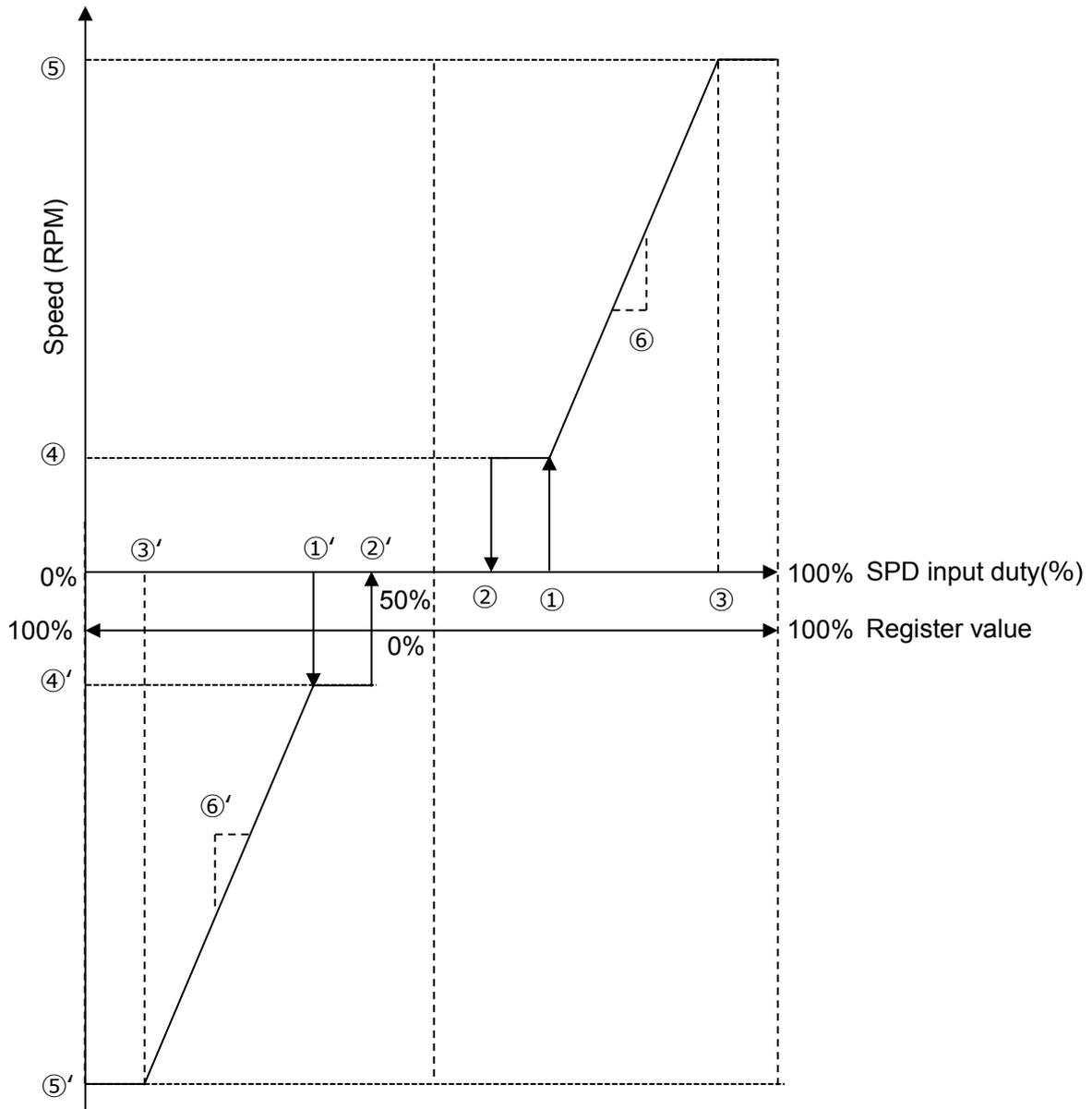


図 11.19 DIR50=1 時の Open loop 速度カーブ例

11.4. シリアル I/F と NVM

シリアルインタフェース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、シリアル指令の受付は可能となります。

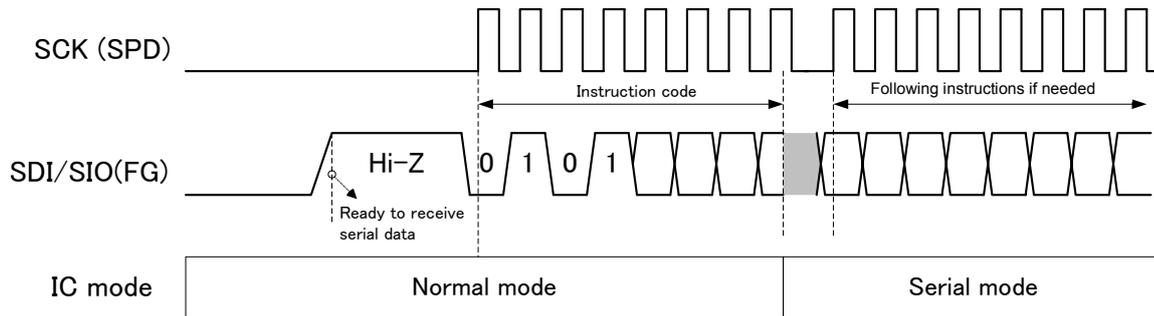


図 11.20 タイミングチャート

指令コードを受けつけた後、IC はシリアルモードに入ります。
シリアルモードに入ると、モータ出力が停止します。FG は Hi-Z に固定します。

指令コードと後のデータ(必要な場合)を入力した後、
Status Register の ENB が「0」の場合、通常モードに戻ります。
Status Register の ENB が「1」の場合、シリアルモードのままです。

SCK 入力によってモータ誤起動しないように、CLK に対してフィルタがあります。

11.4.1. シリアル指令

表 11.20 シリアル指令(Instruction Code)

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

11.4.2. 状態レジスタ

表 11.21 Status Register (SR)

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

表 11.22

Name	Description
BUSY	レジスタ処理の状態 BUSY=0 : 待機 BUSY=1 : 処理中 (REG_READ, REG_WRITE, NVM_LOAD, NVM_SAVE, NVM_COPY 実行中)
ENB	シリアルモード設定 ENB=0: 通常モード、SR_READ SR_WRITE のみ受付 ENB=1: シリアルモード、全コマンド受付
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, SIO=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	Hall 位置測定結果 CAL_ERR=0: 測定成功 CAL_ERR=1: 測定失敗

11.4.3. 通常レジスタ

表 11.23 レジスタマップ

ADDR	Bit	名称	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
1	14:8	STOPDUTY[6:0]	停止 Duty	0
1	7:0	STARTDUTY[7:0]	起動 Duty	0
2	15:8	CHANGEDUTY[7:0]	変曲点 Duty	0
2	7:0	MAXDUTY[7:0]	最大 Duty	0
3	15:4	STARTRPM[11:0]	起動回転数	0
3	3:0	MAXDUTYHYS[3:0]	Open loop→Closed loop 復帰のヒステリシス	0
4	15:2	SPEEDSLOPE[13:0]	カーブ傾き	0
4	1	MAXOPEN	最大 Duty 以上 OPEN 制御 (0: disable, 1: enable)	0
4	0	MAXOFF	SPD 指令 OFF 時全速 (0: disable, 1: enable)	0
5	15:2	SPEEDSLOPE2[13:0]	変曲点以降のカーブ傾き	0
5	1	REVALERT	逆転検出時 ALERT 出力	0
5	0	OPENLOOP	OPEN LOOP/CLOSEDLOOP (0: closed loop, 1: open loop)	0
6	15	KiX	KP x 8 倍 (0: 1 倍, 1: 8 倍)	0
6	14:8	Ki[6:0]	KP (0~127)	0
6	7	KpX	KI x 8 倍 (0: 1 倍, 1: 8 倍)	0
6	6:0	Kp[6:0]	KI (0~127)	0
7	15	STBY	STBY 有効 (0: disable, 1: enable)	0
7	14	DIR	DIR 極性	0
7	13:11	POLEPAIR[2:0]	極対数	0
7	10:9	MAXSPEED[1:0]	最高回転数	0
7	8	HALLINV	Hall 信号極性	0
7	7:6	HALLPOS[1:0]	Hall 配置区間	0
7	5:0	HALLOFFSET[5:0]	Hall 位置 Offset	0
8	15	RDSEL	RD 出力 (0: FG signal, 1: RDO signal or Alarm signal)	0
8	14:12	FGSEL[2:0]	FG タイプ	0
8	11	SPDSEL	SPD 指令タイプ (0: アナログ電圧, 1: PWM Duty)	0
8	10	SPDINV	SPD 逆ロジック (0: disable, 1: enable)	0
8	9	REVBRAKE	逆風起動 (0: disable, 1: enable)	0
8	8	150DRV	150 度通電 (0: 正弦波, 1: 150 度)	0
8	7	ISDLATCH	ISD Latch (0: disable, 1: enable)	0
8	6:5	OCPMASK[1:0]	電流リミットマスク期間	0
8	4:3	OCPHYS[1:0]	電流リミット設定	0
8	2:0	PWMSEL[2:0]	出力 PWM 周波数設定	0
9	15	TON	ON 時間	0
9	14	TOFF	OFF 時間	0
9	13	LOCKDIS	Lock 無効	0
9	12:10	DUTYCHGLIMIT[2:0]	Duty 変化リミット	0
9	9:8	STARTFREQ[1:0]	起動切り替え周波数	0
9	7:5	STARTCURRENT[2:0]	起動電流リミット	0

ADDR	Bit	名称	説明	初期値
9	4:0	LATABLE[4:0]	進角テーブル	0
10	15	LASEL	進角選択	0
10	14	BRK_360_SEL	0: 減速ブレーキ時に 180°リセット動作, 1: 減速ブレーキ時に 360°リセット動作	0
10	13	OCPDIS	電流リミット無効 (0: 電流リミット有効, 1: 電流リミット無効)	0
10	12:11	SS_ADD_SEL[1:0]	OC の DAC 後の閾値(0%, 30%, 40%, 50%)	0
10	10:9	SS_UP_SEL[1:0]	320ms 毎の増加量(+1%, +2%, +5%, +10%)	0
10	8:6	SS_DUTYCHGLIMIT[2:0]	ソフトスタート時の Duty limit(DUTYCHGLIMITと同じ設定)	0
10	5	OC_LEVEL	出力電流リミット回路基準電圧の選択 (0: 0.25V, 1: 0.125V)	0
10	4	DUTY_UP_TIME	Duty の増加時間の設定 (0: 2.7ms 毎に出力 Duty を加速/減速, 1: 10.9ms 毎に出力 Duty を加速/減速)	0
10	3	ISD_LEVEL	出力過電流検出回路基準電圧の選択 (0: 1.0V, 1: 0.5V)	0
10	2:0	RPMLIMIT[2:0]	目標回転数の変化の制限設定(制限なし, 512rpm, 2200rpm, 3800rpm, 5400rpm, 7000rpm, 8600rpm, 10240rpm)	0
11	15:14	BRK_MODE[1:0]	ブレーキ設定(通常動作, ショートブレーキ, 逆転ブレーキ, 減速ブレーキ)	0
11	13	BRK_INV	ブレーキ端子の極性反転 (0: BRAKE 端子設定, 1: BRAKE 端子設定を反転)	0
11	12:10	WAIT_TIME[2:0]	電源投入時の時間設定(0s, 1s, 2s, 3s, 4s, 5s, 6s, 7s)	0
11	9:8	WAIT_MODE[1:0]	電源投入時の出力段状態(OFF, ショートブレーキ, 逆転ブレーキ, 減速ブレーキ)	0
11	7	WAIT_CON	電源投入時の時間設定経過後の出力段状態の維持の有無 (0: WAITE_TIME 経過後に WAIT_MODE のブレーキ状態を解除, 1: WAITE_TIME 経過後に WAIT_MODE のブレーキ状態を維持)	0
11	6	LOCK_BRK	ロック保護時のショートブレーキ設定 (0: OFF, 1: ショートブレーキ)	0
11	5	ALRMSEL	FG/ロック検知/低速(Fault alarm)出力設定	0
11	4	ALERTINV	ALERT 端子の極性反転 (0: L で異常, 1: H で異常)	0
11	3	IND_SEL	直流励磁 ON/OFF (0: 無効, 1: 有効)	0
11	2	SS_LOCK	ソフトスタート時のロック検知	0
11	1	ALARM_LAT_SEL	0: トルク指令無し/ブレーキ設定で ALARM 信号を解除, 1: トルク指令無し/ブレーキ設定で ALARM 信号を維持	0
11	0	ISD_MASK	ISD マスク設定 (0: 有効, 1: 無効)	0
12	15:13	ISOURCE_SEL[2:0]	High side / Low side Source 電流設定	0
12	12:10	ISINK_SEL[2:0]	High side / Low side Sink 電流設定	0
12	9:8	DEADTIME[1:0]	Dead time(200ns 500ns 1 μ s 1.5 μ s)設定	0
12	7	DIR50	50%以上と以下で回転方向と 100%Duty の設定が変化する (0: 無効, 1: 有効)	0
12	6:5	RS_SEL[1:0]	OC 端子の入力フィルタ設定 (無し, 200kHz, 100kHz, 50kHz)	0
12	4	ANTITHROUGH	Dead time 制御設定 (0: Dead time なし, 1: Dead time あり)	0
12	3:2	INPACEDGE	InPAC 取り込みエッジ選択	0
12	1	INPACAPPLY	InPAC 進角決定方法選択	0
12	0	BRAKEALT	逆転ブレーキ時モータ停止検知有無選択	0
13	15:6	Trq_duty[9:0]	SPD 指令	0
13	5	UNUSED	Don't care	0
13	4:3	Hall_off_Freq[1:0]	Hall 位置検出 強制転流周波数	0

ADDR	Bit	名称	説明	初期値
13	2:1	Hall_cal_Freq[1:0]	Hall 位置検出 検出開始周波数	0
13	0	Hall_cal	Hall 位置検出動作	0

11.4.4. NVM 書き込みフロー

NVM 書き込みの基本フローが以下です。

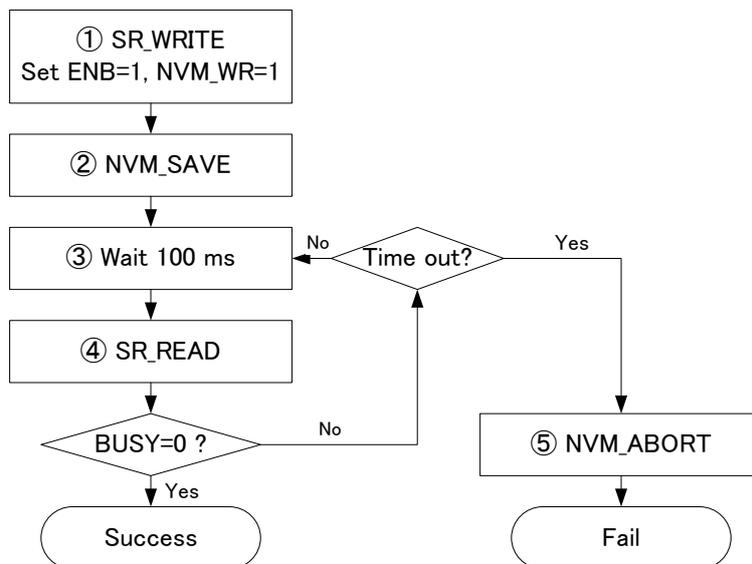


図 11.21 NVM 書き込みフロー

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。1.3s 以上経過しても BUSY が 1 から 0 に戻れない場合、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 NVW_WR を 0 に戻してください。

11.5. 異常検出機能

11.5.1. 各種異常と検出機能

異常	検出条件	解除条件	検出時の動作	ALERT出力
ロック	Hall 信号のゼロクロスが T _{ON} 時間以上来ない	出力時回転を 2 回検出	・出力 OFF ・T _{OFF} 時間後自動復帰	あり
電流リミット	電流 > 電流リミット検出値	SPD=0 または <正弦波通電> 電流 < 電流リミット制限値で 2 回転 <150 度通電> PWM ごと解除	・出力 OFF ・正弦波→150 度へ切り替え	なし
ISD	電流 > ISD 閾値	電流 < ISD 閾値で 2 回転	・出力 OFF ・自動復帰時 T _{OFF} 時間後自動復帰	あり
OVP	VM > 17.2V	SPD = 0 または VM < 16.8V で 150 度で 2 回転	正弦波→150 度へ切り替え	なし
チャージポンプ 電圧低下	VCP-VM < 3.7V	VCP-VM > 4.0V	出力 OFF	あり
UVLO	VM < 3.9V	VM > 4.2	IC 動作停止	なし
TSD	T _j > 170°C (起動時は 130°C 以上)	T _j < 130°C	出力 OFF	あり

11.5.2. ロック検知

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。ロックを検出した後、IC の出力を一定期間(t_{OFF})で 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 となります。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。

表 11.24 ロック検出時間

TON	ロック検出時間 (T _{ON})
0	0.3 s
1	0.6 s

表 11.25 検出停止時間

TOFF	検出停止時間 (T _{OFF})
0	T _{ON} × 10 s
1	T _{ON} × 5 s

表 11.26 ロック検出動作設定

LOCKDIS	ロック検出動作設定
0	ロック検出有効
1	ロック検出無効

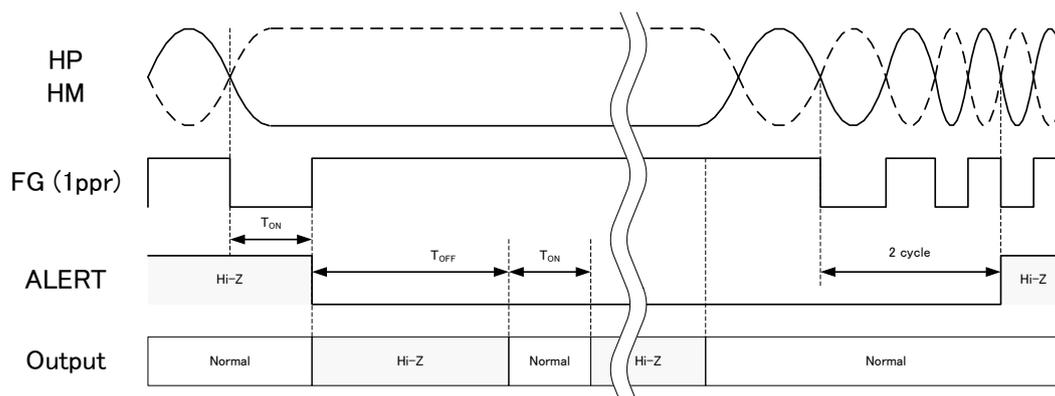


図 11.22 ロック検出と復帰のタイミングチャート

11.5.3. 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を内蔵しています。モータ電流を外付けシャント抵抗で検出します。

正弦波駆動の場合、出力電流リミット回路基準電圧 V_{OC} 以上の電圧を検出すると、駆動方式が正弦波駆動から 150 度駆動に切り替わります。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圧は出力電流リミット回路基準電圧より低い値となります。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駆動へ復帰します。

150 度駆動の場合、出力電流リミット回路基準電圧と電流リミット制限電圧は同じ値です。PWM 周期ごとの電流リミット制御を行います。

出力電流リミット回路基準電圧 V_{OC} と電流リミット制限電圧は NVM 経由で設定できます。

表 11.27

OC_LEVEL	OCPHYS [1:0]	正弦波駆動		150 度駆動	
		出力電流リミット 回路基準電圧 V_{OC}	電流リミット 制限電圧	出力電流リミット 回路基準電圧 V_{OC}	電流リミット 制限電圧
0	00	0.250V	$0.250V \times 0.95$	0.250V	0.250V
0	01	0.250V	$0.250V \times 0.90$	0.250V	0.250V
0	10	0.250V	$0.250V \times 0.85$	0.250V	0.250V
0	11	0.250V	$0.250V \times 0.80$	0.250V	0.250V
1	00	0.125V	$0.125V \times 0.95$	0.125V	0.125V
1	01	0.125V	$0.125V \times 0.90$	0.125V	0.125V
1	10	0.125V	$0.125V \times 0.85$	0.125V	0.125V
1	11	0.125V	$0.125V \times 0.80$	0.125V	0.125V

出力電流リミット機能はノイズによる誤動作防止のため、デジタルフィルタを設けています。

表 11.28 デジタルフィルタ時間

OCPMASK [1:0]	CLK 数	フィルタ時間
00		フィルタ無し

01	6	500ns
10	7	666ns
11	8	750ns

シャント抵抗が接続される OC 端子には誤動作を防ぐためフィルタを設けています。

表 11.29 OC 端子の入力フィルタ設定

RS_SEL[1:0]	カットオフ周波数
00	無し
01	200kHz
10	100kHz
11	50kHz

11.5.4. 出力過電流検出 (ISD)

外付け FET に過大な電流が流れ続けるのを防ぐため、モータ電流を外付けシャント抵抗で検出します。電流値は設定を超えると外付け FET の出力を全 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})を経てから外付け FET の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 の再投入もしくは電源の再投入で解除します。

ラッチ方式の場合、出力過電流検出後、外付け FET の出力全 OFF 状態を維持します。SPD の再投入もしくは電源の再投入で解除します。

ISD の検出電圧は、NVM 経由で 1.0V と 0.5V に設定できます。デフォルトは、1.0V になります。なおヒゲパルス電流などによる誤動作を防止するために OCP のマスク期間に 1 クロック分足した値を設けています。

11.5.5. 電源過電圧検出 (OVP)

減速時の電源電圧昇圧を回避するため、電源過電圧検出機能を内蔵しています。

正弦波駆動の場合、 V_M 電源電圧が 17.2V(typ.)以上を検出すると、駆動方式が正弦波駆動から 150 度駆動に切り替わります。 V_M 電源電圧が 16.8V(typ.)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駆動へ復帰します。

150 度駆動の場合、電源過電圧検出機能が無効になります。

11.5.6. 電源低電圧検出 (UVLO)

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

V_M 電源電圧と V_{REG} 電圧両方監視し、 V_M 電源電圧が 3.9V (typ.)以下また V_{REG} 電圧が 3.7V(typ.)以下で検出機能が動作します。0.3V (typ.) のヒステリシス幅があり、 V_M 電源電圧が 4.2V(typ.)以上かつ V_{REG} 電圧が 4.0V(typ.)以上で通常動作に復帰します。

11.5.7. チャージポンプ低電圧検出

VCP 端子と VM 端子間の電圧が 3.7V 以下の場合、モータ出力が OFF (Hi-Z)になります。0.3V(typ.)のヒステリシス幅があり、端子間の電圧が 4.0V (typ.) 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。

11.5.8. 熱遮断 (TSD)

熱遮断(TSD)回路を搭載しています。

$T_j=170^{\circ}\text{C}$ (typ.)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°C (typ.)のヒステリシス幅があり、 130°C (typ.) 以下に戻ると自動復帰します。

12. 応用回路例

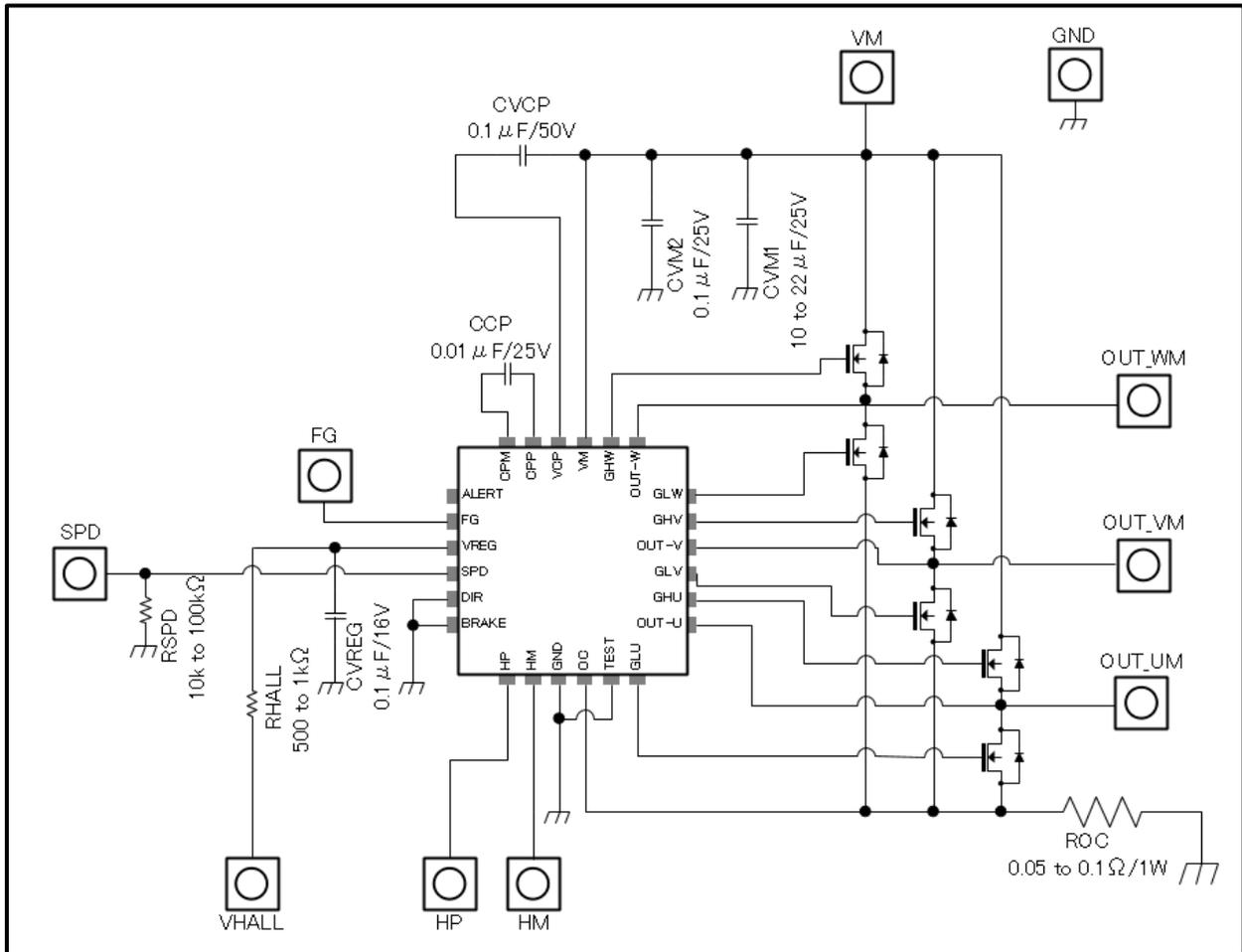


图 12.1 应用回路例

13. 参考基板レイアウト

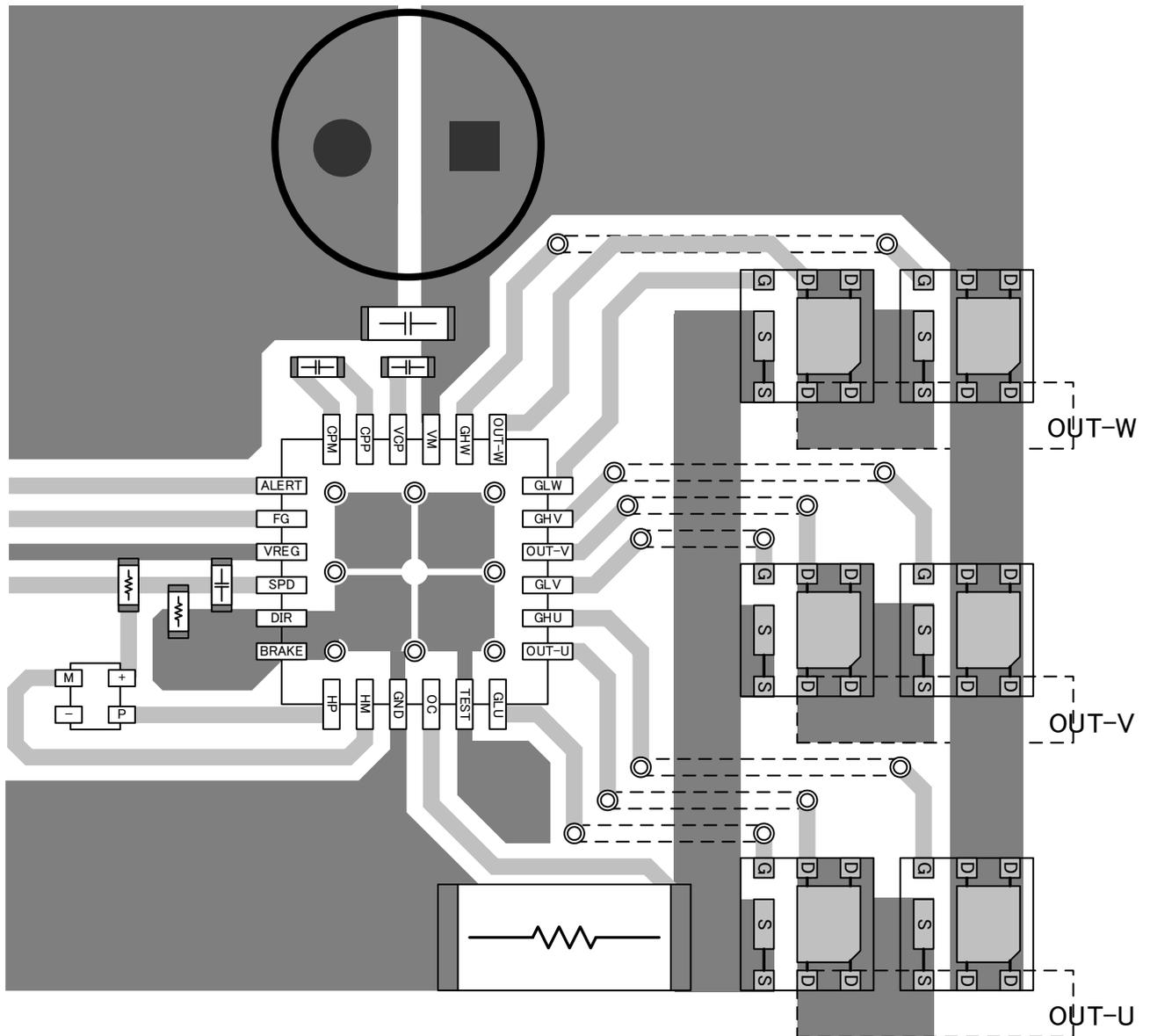


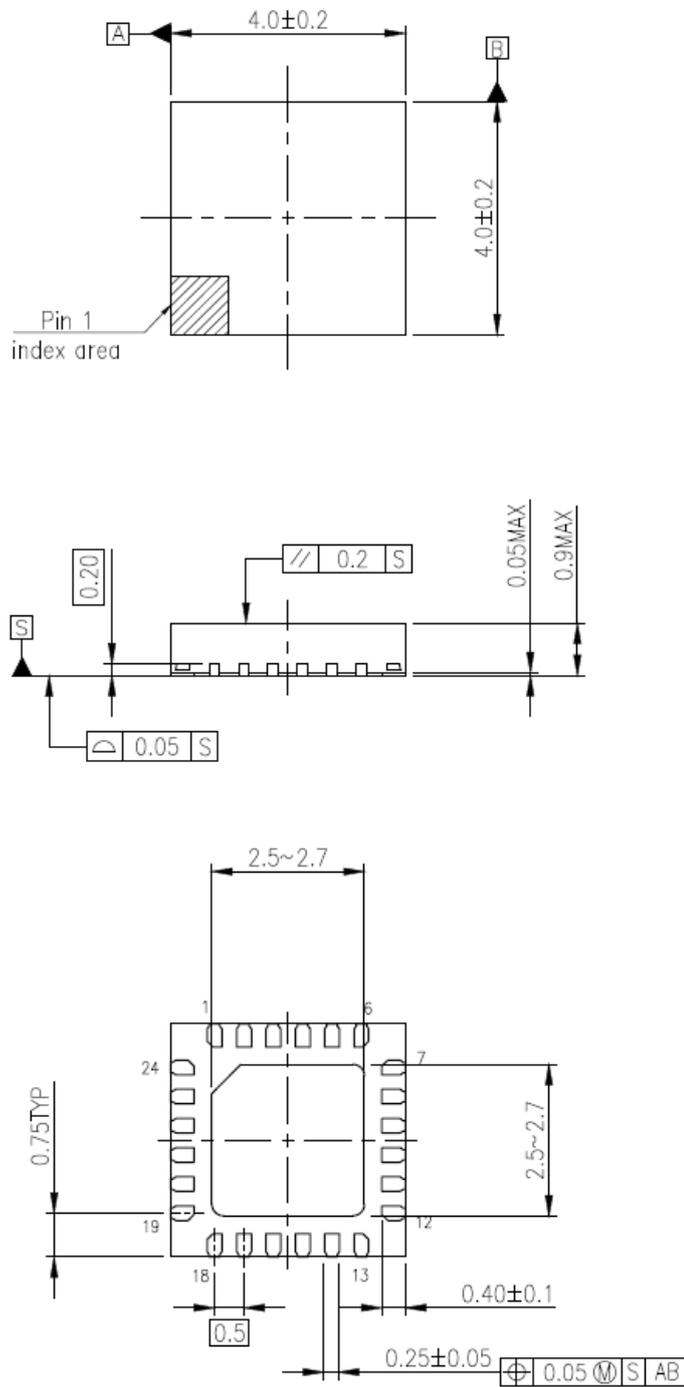
図 13.1 参考基板レイアウト

14. 外形图

14.1. 外形寸法图

P-VQFN24-0404-0.50-003

Unit: mm



質量: 0.04 g (標準)

图 14.1 外形寸法图

15. 使用上のご注意およびお願い事項

15.1. 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通電したデバイスは使用しないでください。

15.2. 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いたします。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いたします。絶対最大定格を超えて使用した場合など、ご使用方法や状況により、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。

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（ヘルスケア除く）、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、発電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、または当社 Web サイトのお問い合わせフォームから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。