

PID 回転速度制御内蔵 BLDC 正弦波駆動ドライバ

SI-6635M 製品概要

Ver. 2.1

1. はじめに

本ICは、汎用向け3相ブラシレスDCモータ用ICで、出力にはNチャンネルパワーMOSFET (2A@DC、4A@500msec)を内蔵しており、30Vまでのモータ電源電圧に対応しています。

本ICは、正弦波駆動(180° 通電)が出来、回転速度制御には、デジタルPIDが組み込まれています。従来、デジタルPID制御を行うためには1チップマイコンやFPGA等を用い、多大な開発工数が必要でしたが、シリアル通信にて回転速度・パラメータを設定するだけで、簡単にデジタルPID回転速度制御が行えます。

パッケージはサーマルパッド付きQFN36ピンパッケージ(6mm²)を採用しています。

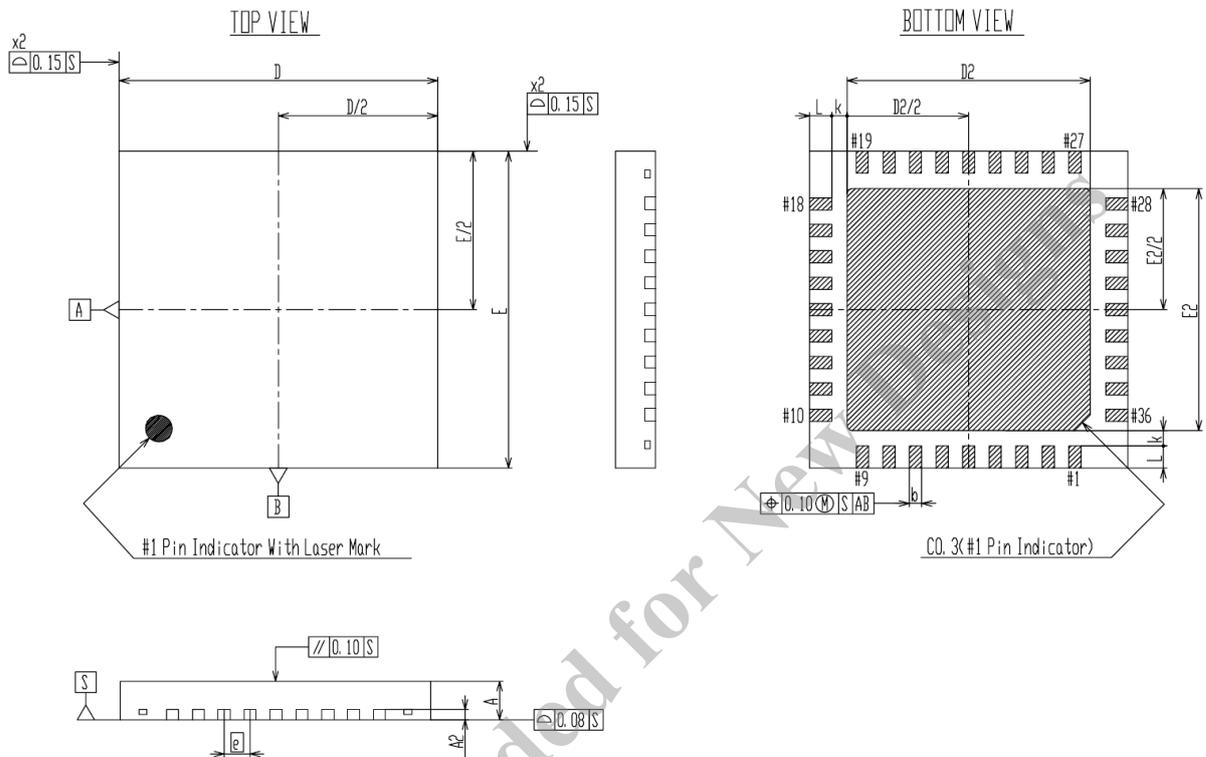
2. 主な機能

- 6素子のNチャンネルMOSFETを内蔵(チャージポンプ回路内蔵)
- ホール素子(アンプ内蔵)、ホールIC入力対応
- 正弦波駆動(180° 通電)機能内蔵
- デジタルPID回転速度制御機能内蔵
- 進角機能内蔵(固定、回転速度比例)
- ホール入力ー励磁タイミングオフセット可能
- 2線式シリアルインターフェイス(I²Cコンパチブル、7ビットアドレス)
- 各種保護機能内蔵
 - 過電圧保護
 - 低電圧保護
 - 過電流保護(天絡、地絡、負荷ショート対応)
 - 過熱保護
 - 回転ロック検知
 - 貫通電流防止機能
 - クロック低下時保護
- 異常発生時におけるアラーム出力機能(I²Cによるリードバックで、8種類の異常を判別可能)
- FG出力
- プリントコイルFG/エンコーダ入力切り替え機能
- 単電源動作(内部ロジック回路用レギュレータ内蔵)
- ロジック入力は3.3V系で、5Vトレラント
- ロジック出力はオープンドレイン

外形図、参考ランド形状

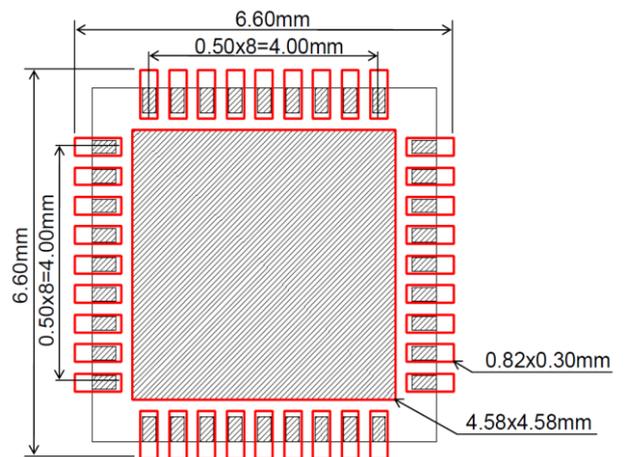
Unit : mm

サーマルパット付き QFN36Pin パッケージ

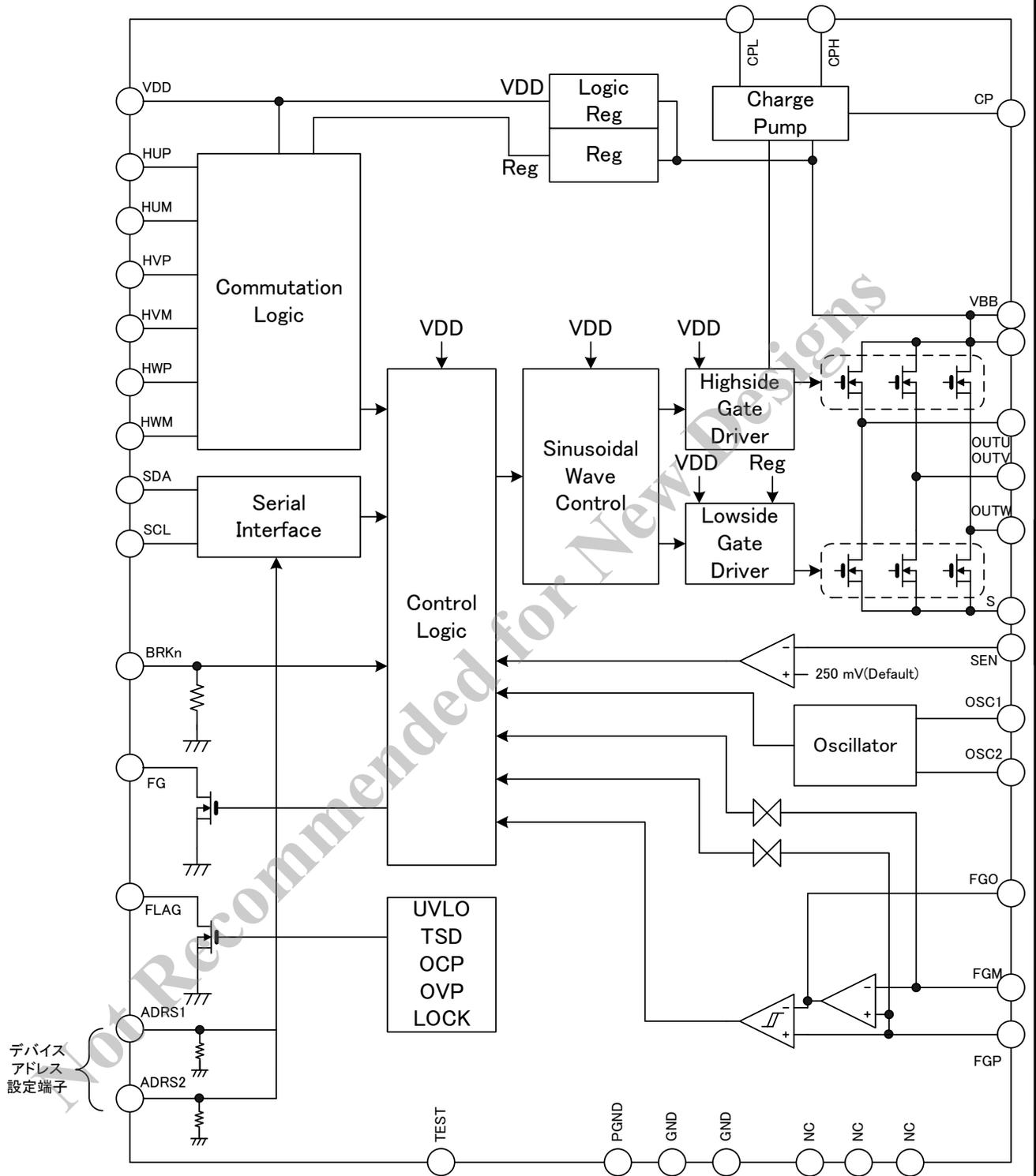


参考ランド形状 (赤線部分)

SYMBOL	COMMON DIMENSIONS		
	MIN	NOM	MAX
A	0.70	0.75	0.80
A2	0.20 REF.		
b	0.18	0.23	0.28
D	5.90	6.00	6.10
D2	4.43	4.58	4.73
E	5.90	6.00	6.10
E2	4.43	4.58	4.73
e	0.50 BSC.		
k	0.25	—	—
L	0.32	0.42	0.52



ブロック図



端子表

端子番号	端子名	詳細
1	HWM	ホール素子入力W-
2	HWP	ホール素子入力W+
3	HVM	ホール素子入力V-
4	HVP	ホール素子入力V+
5	HUM	ホール素子入力U-
6	HUP	ホール素子入力U+
7	FGM	パターンFG入力(マイナス)／エンコーダ入力
8	FGP	パターンFG入力(プラス)／エンコーダ入力
9	FGO	パターンFGフィードバック
10	FLAG	異常検知出力
11	FG	FG信号出力／指定速度外れ出力
12	GND	グランド
13	VBB	モーター電源及び主電源
14	VBB	モーター電源及び主電源
15	CP	チャージポンプコンデンサ接続用
16	CPH	チャージポンプコンデンサ接続用(High)
17	CPL	チャージポンプコンデンサ接続用(Low)
18	GND	グランド
19	SDA	シリアルインターフェース(データ)
20	SCL	シリアルインターフェース(クロック)
21	ADRS1	デバイスアドレス設定(上位ビット)、プルダウン抵抗内蔵
22	ADRS2	デバイスアドレス設定(下位ビット)、プルダウン抵抗内蔵
23	VDD	内部レギュレータ平滑コンデンサ接続用(負荷を接続しないで下さい)
24	TEST	テスト用(何も接続しないで下さい)
25	OSC1	セラミック発振子接続／外部クロック入力用
26	OSC2	セラミック発振子接続用(外部クロック入力時は何も接続しないで下さい)
27	BRKn	ブレーキ入力(負論理)、プルダウン抵抗内蔵
28	OUTW	W相出力
29	N.C.	(空き)
30	PGND	パワーグランド
31	SEN	電流検出入力
32	S	ソース
33	N.C.	(空き)
34	OUTV	V相出力
35	N.C.	(空き)
36	OUTU	U相出力

3. 絶対最大定格

項目	記号	条件	規格値	単位
電源電圧	V_{BB}		-0.3~38	V
出力電圧	V_{OUT}		-0.5~ V_{BB}	V
出力電流 [※]	$I_{OUT(Ave)}$	DC	±2	A
	$I_{OUT(Peak)}$	tw<500msec/Duty<10%	±4	A
オープンドレイン出力 流入電流	I_{OD}	FG/FLAG	10	mA
ロジック入力電圧	$V_{IN(Logic)}$		-0.3~5.5	V
ロジック出力電圧	$V_{OUT(Logic)}$	FG/FLAG	-0.3~5.5	V
アナログ入力電圧	$V_{IN(Analog)}$		-0.3~6	V
検出電圧	V_{SENSE}		±0.5	V
パッケージ許容損失	PD	サンケン評価基板	4.1	W
最高ジャンクション温度	$T_{J(max)}$		150	°C
保存温度	T_{stg}		-40~150	°C
動作周囲温度	T_A		-20~85	°C

(※)出力電流はデューティサイクル、周囲温度、放熱状態によって制限を受けることがあります。いかなる使用条件下においても、決して指定された定格電流および最大接合部温度を超えないようにして下さい。

4. 推奨動作範囲

項目	記号	規格値	単位	備考
電源電圧	V_{BB}	10~30	V	
クロック入力 [※]	F_{OSC}	9.5~20	MHz	
ロジック入力電圧	$V_{IN(Logic)}$	0~5.25	V	
アナログ入力電圧	$V_{IN(Analog)}$	0~5.25	V	
検出電圧	V_{SENSE}	-0.5~0.5	V	
パッケージ温度	T_C	-20~105	°C	
動作周囲温度	T_A	-20~85	°C	

(※)9.5MHz未滿のクロック入力では、クロック低下時保護機能が働き、出力段が全オフとなる場合があります。

5. 電気的特性

特記なき場合、 $T_A=+25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{BB}=24\text{V}$

特性項目	記号	定格			単位	試験条件
		MIN	TYP	MAX		

Output Drivers

V _{BB} 電圧範囲	V _{BB}	10	-	V _{BB0V}	V	動作時
主電源電流	I _{BB}	5	-	25	mA	動作状態
		3	-	25	mA	非動作状態 チャージポンプ OFF 出力OFF
出力ON抵抗	R _{on}	0.1	0.2	0.3	Ω	I _{out} =2A
MOSFETダイオード順方向電圧	V _F	0.3	1.15	2	V	I _{out} =2A

Control Logic

V _{DD} 電圧範囲	V _{DD}	3.0	3.3	3.5	V	動作時
Logic入力電圧	V _{IN(0)}	-	-	V _{DD} × 0.3	V	
	V _{IN(1)}	V _{DD} × 0.7	-	-	V	
Logic入力電流	I _{IN(0)}	-10	0	10	μA	V _{IN} =0V
	I _{IN(1)}	-10	0	10	μA	V _{IN} =5.5V, SDA/SCL
		45	-	145	μA	V _{IN} =5.5V, ADRS1/ADRS2/BRKn

Internal PWM

Sen端子入力電流	I _{Sen}	-10	0	10	μA	V _{Sen} =0~0.5V
検出電圧	V _{Sen}	0.21	0.25	0.29	V	V _{REF} =0.25V設定時
電流検出フィルタ時間	t _{LPF_{Sen}}	0.5	2	4	μs	設計保証

TYP データは設計情報として使用して下さい。

表中の負電流は製品端子から流れ出る電流を示しております。

電気的特性 (続き)

特記なき場合、 $T_A=+25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{BB}=24\text{V}$

特性項目	記号	定格			単位	試験条件
		MIN	TYP	MAX		
Protection						
Flag出力飽和電圧	$V_{FI(ON)}$	0.08	0.45	0.7	V	$I_{FG}=2\text{mA}$
Flag出力端子オン電流	$I_{FI(ON)}$	5	7.5	25	mA	$V_{FI}=2\text{V}$
Flag出力リーク電流	$I_{FI(OFF)}$	-1	0	50	μA	$V_{FG}=5.5\text{V}$
OCP検出電圧	V_{OCPLS}	0.7	1.2	2	V	LowSideMOSFET検出 (OUT-GND間)
	V_{OCPHS}	0.3	0.8	1.8	V	HighSideMOSFET検出 (VBB-OUT間)
VBB過電圧保護閾値電圧	V_{BBOV}	32	35	38	V	VBB電圧上昇時
VBB過電圧保護ヒステリシス	$V_{BBOVhys}$	1.4	2	5.1	V	
過熱保護動作温度	T_{JTSD}	-	165	-	$^{\circ}\text{C}$	温度上昇時
過熱保護ヒステリシス	$T_{JTSDhys}$	-	50	-	$^{\circ}\text{C}$	設計保証
VDD低電圧保護解除電圧	V_{DDUV}	2.55	3	3.3	V	VDD電圧上昇時
VDD低電圧保護ヒステリシス	$V_{DDUVhys}$	0.15	0.25	0.35	V	
VBB低電圧保護解除電圧	V_{BBUV}	6.5	9	9.75	V	VBB電圧上昇時
VBB低電圧保護ヒステリシス	$V_{BBUVhys}$	0.15	0.3	0.45	V	

FG

FG出力飽和電圧	$V_{FG(sat)}$	0.08	0.45	0.7	V	$I_{FG}=2\text{mA}$
FG出力端子オン電流	$I_{FI(ON)}$	5	7.5	25	V	$V_{FI}=2\text{V}$
FG出力リーク電流	I_{FGlk}	-1	0	50	μA	$V_{FG}=5.5\text{V}$

Hall Logic

ホール入力電流	I_{HALL}	-2	-0.1	2	μA	$V_{IN}=0.2\sim 3.5\text{V}$
コモンモード入力電圧範囲	V_{CMR}	0.2	-	4	V	
AC入力電圧範囲	V_{HALL}	60	-	-	mV_{p-p}	
ヒステリシス	V_{HYS}	20	40	V_{HALL}	mV	
パルス除去フィルター	t_{pulse}	0.9	2	4	μs	
ホール入力スレッシュ電圧	$V_{HIC(1)}$	2.3	2.5	2.8	V	印加電圧上昇時/ホールIC入力時
ホール入力ヒステリシス	$V_{HIC(1)HYS}$	20	40	60	mV	ホールIC入力時

FGアンプ

FG入力バイアス電流	I_{BFG}	-1	0	1	μA	
FG入力オフセット電圧	V_{OSFG}	-60	-	60	mV	
FGO出力リーク電流	I_{OH}	-110	-	10	μA	
FGO出力L電圧	V_{OL}	0.05	-	0.6	V	$I=10\mu\text{A}$
FGアンプバイアス電圧	V_{BFG}	2.2	2.5	2.8	V	
FGコンパレータヒステリシス	V_{FGhys}	20	70	150	mV	

TYP データは設計情報として使用して下さい。

表中の負電流は製品端子から流れ出る電流を示しております。

2 線式シリアルインターフェイス部

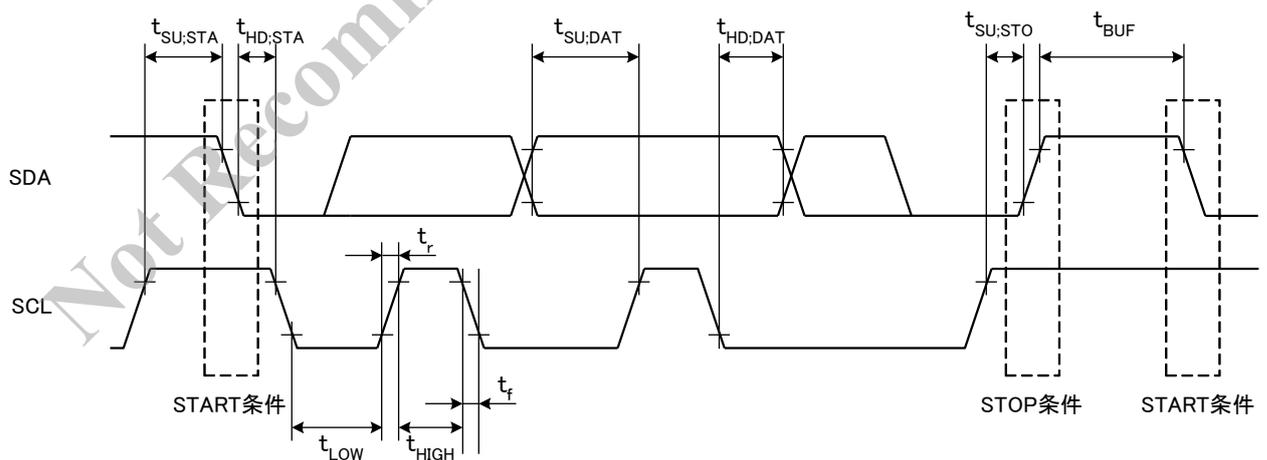
 特に指定のない場合、 $T_a = +25^\circ\text{C}$ 、 $V_{BB} = 24\text{V}$

項目	記号	条件	規格値			
			Min.	Typ.	Max.	単位
SCL クロック周波数	f_{SCL}				400	kHz
START 条件でのホールド時間	$t_{\text{HD;STA}}$		0.6			μs
START 条件でのセットアップ時間	$t_{\text{SU;STA}}$		0.6			μs
SCL Low 時間	t_{LOW}		1.3			μs
SCL High 時間	t_{HIGH}		0.6			μs
SDA ホールド時間	$t_{\text{HD;DAT}}$		0		900	ns
SDA セットアップ時間	$t_{\text{SU;DAT}}$		100			ns
SCL、SDA 立上り時間	t_r				300	ns
SCL、SDA 立下り時間	t_f				300	ns
STOP 条件でのセットアップ時間	$t_{\text{SU;STO}}$		0.6			μs
STOP 条件、START 条件の間のバスフリース時間	t_{BUF}		1.3			μs

 総てのスレッシュ電圧は、 $V_{\text{IN}(1)}$ (Min.)及び $V_{\text{IN}(0)}$ (Max.)レベル基準

本項目は、設計保証

シリアルタイミング



レジスタマップ

Addr (DEC)	Addr (HEX)	R/W	Function	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	default (BIN)
0	00	W	IDFilter	IDF4[1]	IDF4[0]	IDF3[1]	IDF3[0]	IDF2[1]	IDF2[0]	IDF1[1]	IDF1[0]	0101 0101
1	01	W	Basic	Tlock[1]	Tlock[0]	DeadTime[1]	DeadTime[0]	SPDCTRL	Tocp[1]	Tocp[0]	Socp	0000 0001
2	02	W	FreqPWM	0	0	Tcalc[1]	Tcalc[0]	TPWM[3]	TPWM[2]	TPWM[1]	TPWM[0]	0010 0011
3	03	W	SENSOR	0	VREF[2]	VREF[1]	VREF[0]	HAPOL	HAFORM	VSENS[1]	VSENS[0]	0111 1000
4	04	W	Kp1	Kp[7]	Kp[6]	Kp[5]	Kp[4]	Kp[3]	Kp[2]	Kp[1]	Kp[0]	1100 1101
5	05	W	Kp2	0	Kp[14]	Kp[13]	Kp[12]	Kp[11]	Kp[10]	Kp[9]	Kp[8]	0000 1100
6	06	W	Ki1	Ki[7]	Ki[6]	Ki[5]	Ki[4]	Ki[3]	Ki[2]	Ki[1]	Ki[0]	0001 0000
7	07	W	Ki2	0	Ki[14]	Ki[13]	Ki[12]	Ki[11]	Ki[10]	Ki[9]	Ki[8]	0000 0000
8	08	W	Kd1	Kd[7]	Kd[6]	Kd[5]	Kd[4]	Kd[3]	Kd[2]	Kd[1]	Kd[0]	1100 1101
9	09	W	Kd2	0	Kd[14]	Kd[13]	Kd[12]	Kd[11]	Kd[10]	Kd[9]	Kd[8]	0000 1100
10	0A	W	PhaseAdvance1	PHA[7]	PHA[6]	PHA[5]	PHA[4]	PHA[3]	PHA[2]	PHA[1]	PHA[0]	0000 0000
11	0B	W	PhaseAdvance2	FIXPHA	0	0	PHA[12]	PHA[11]	PHA[10]	PHA[9]	PHA[8]	0000 0000
12	0C	W	PhaseAdvance3	PHAB[7]	PHAB[6]	PHAB[5]	PHAB[4]	PHAB[3]	PHAB[2]	PHAB[1]	PHAB[0]	0000 0000
13	0D	W	OFFSET_CCW	OFFSET[7]	OFFSET[6]	OFFSET[5]	OFFSET[4]	OFFSET[3]	OFFSET[2]	OFFSET[1]	OFFSET[0]	0000 0000
14	0E	W	OFFSET_CW	OFFSET_CW[7]	OFFSET_CW[6]	OFFSET_CW[5]	OFFSET_CW[4]	OFFSET_CW[3]	OFFSET_CW[2]	OFFSET_CW[1]	OFFSET_CW[0]	0000 0000
15	0F	W	MINPERIOD1	MPROD[7]	MPROD[6]	MPROD[5]	MPROD[4]	MPROD[3]	MPROD[2]	MPROD[1]	MPROD[0]	0000 0000
16	10	W	MINPERIOD2	0	MPROD[14]	MPROD[13]	MPROD[12]	MPROD[11]	MPROD[10]	MPROD[9]	MPROD[8]	0000 1000
17	11	W	Divider	FGSELECT	OUTSPD	TOUTSPD[1]	TOUTSPD[0]	0	DIV[2]	DIV[1]	DIV[0]	0000 0000
18	12	W	THDIFF1	THDIFF[7]	THDIFF[6]	THDIFF[5]	THDIFF[4]	THDIFF[3]	THDIFF[2]	THDIFF[1]	THDIFF[0]	0000 0000
19	13	W	THDIFF2	0	THDIFF[14]	THDIFF[13]	THDIFF[12]	THDIFF[11]	THDIFF[10]	THDIFF[9]	THDIFF[8]	0000 0000
20	14	W	SPEED1	SPD[7]	SPD[6]	SPD[5]	SPD[4]	SPD[3]	SPD[2]	SPD[1]	SPD[0]	0000 0000
21	15	W	SPEED2	SPD[15]	SPD[14]	SPD[13]	SPD[12]	SPD[11]	SPD[10]	SPD[9]	SPD[8]	0000 0000
22	16	W	ROTATE	0	0	CHGPUMP	Bmode	0	0	0	ROTATE	0010 0000
23	17	W	LIMITER1	LMT[7]	LMT[6]	LMT[5]	LMT[4]	LMT[3]	LMT[2]	LMT[1]	LMT[0]	1111 1111
24	18	W	LIMITER2	0	LMT[14]	LMT[13]	LMT[12]	LMT[11]	LMT[10]	LMT[9]	LMT[8]	0111 1111
25	19	W	RESERVE1	書き込み不可								
26	1A	W	RESERVE2									
27	1B	W	RESERVE3									
		R	ALARM	SPDERR	UVLOCP	InternalERR	LOCK	TSDSD	TSDALM	OVP	OCP	-

ここに記載したアドレス 0x00~0x18 以外には絶対に書き込みを行わないで下さい。
 アドレス 0x18 に書き込みますと、アドレスポインタは、0x19 に移動しますので、ご注意下さい。
 読み出し命令を行うとアドレスポインタに関わらず、表の最下段の内容が読み出されます。

レジスタマップ詳細

Address DEC	Address HEX	Data	項目	詳細
0	00	D1:D0	入力デジタルフィルター:Hall	0:無し、1:10段、2:15段、3:20段
		D3:D2	入力デジタルフィルター:I ² C	0:無し、1:2段、2:3段、3:5段
		D5:D4	入力デジタルフィルター:ENCODER	0:無し、1:10段、2:15段、3:20段
		D7:D6	入力デジタルフィルター:BRAKE	0:無し、1:10段、2:15段、3:20段
1	01	D0	OCF検知後動作設定	0:自動復帰、1:自動復帰無し
		D2:D1	OCF 自動復帰時間	0:10000、1:20000、2:50000、3:100000クロック
		D3	速度制御	0:Close Loop(PID)、1:Open Loop
		D5:D4	DeadTime	0:5、1:10、2:15、3:20クロック
		D7:D6	回転ロック検知時間	0:検知無し、1:5000000、2:10000000、3:15000000クロック
2	02	D3:D0	PWM周期	0:360、1:400、2:460、3:500、4:600、5:700、6:800、7:900、8:1000、9:1100クロック
		D5:D4	PID計算間隔	0:5000、1:10000、2:20000、3:30000クロック
3	03	D1:D0	回転速度センサ	0:ホール、1:エンコーダ1、2:エンコーダ2、3:プリントコイル
		D2	ホールセンサ形式	0:ホール素子、1:ホールIC
		D3	ホールセンサ極性	0:NEG、1:POS
		D6:D4	基準電圧	
4	04	D7:D0	比例係数設定1	下位8ビット
5	05	D6:D0	比例係数設定2	上位7ビット
6	06	D7:D0	積分係数設定1	下位8ビット
7	07	D6:D0	積分係数設定2	上位7ビット
8	08	D7:D0	微分係数設定1	下位8ビット
9	09	D6:D0	微分係数設定2	上位7ビット
10	0A	D7:D0	進角設定1	比例係数または固定進角を設定 a下位8ビット
11	0B	D4:D0	進角設定2	比例係数または固定進角を設定 a上位5ビット
		D7	固定進角設定	0:回転速度比例 1:固定進角
12	0C	D7:D0	進角設定3	固定数値b
13	0D	D7:D0	CCW方向オフセット	CCW方向オフセット
14	0E	D7:D0	CW方向オフセット	CW方向オフセット
15	0F	D7:D0	MINPERIOD	下位8ビット
16	10	D7:D0	MINPERIOD	上位8ビット
17	11	D2:D0	Divider	0:1/1、1:1/2 ~7:1/128
		D5:D4	指定速度連続外れ時間	0:検知無し、1:20000000、2:40000000、3:60000000クロック
		D6	指定速度連続外れ後の動作	0:回転継続 1:停止
		D7	FG端子出力	0:電気角360° 毎にパルス出力 1:指定速度外れ出力
18	12	D7:D0	回転速度差しきい値設定1	下位8ビット
19	13	D6:D0	回転速度差しきい値設定2	上位7ビット
20	14	D7:D0	回転速度設定1	下位8ビット
21	15	D7:D0	回転速度設定2	上位8ビット
22	16	D0	回転	0:停止 1:回転
		D4	制動モード	0:Hi-Z、1:Short Brake
		D5	チャージポンプ動作	0:Disable、1:Enable
23	17	D7:D0	モータ電流制限1	下位8ビット
24	18	D6:D0	モータ電流制限2	上位7ビット
Read	Read	D0	過電流保護検知	
		D1	過電圧保護検知	
		D2	過熱アラーム検知	
		D3	過熱シャットダウン検知	
		D4	回転ロック検知	
		D5	内部エラー	
		D6	UVLOCP検知	
		D7	指定速度エラー検知	

6. 動作概要

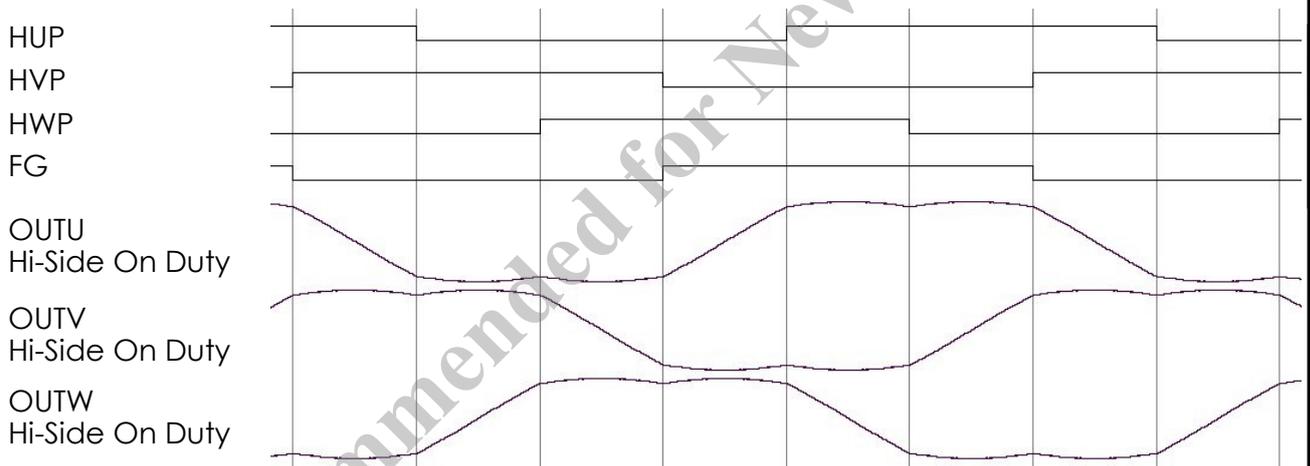
3つのホール信号から現在のローター位置を推定し、対応した sine 波 PWM 信号をデジタル演算により生成します。起動は矩形波駆動(120° 通電)で行い回転速度が設定値(任意設定不可)を越えると正弦波駆動(180° 通電)に切り替えます。この為、起動時に設定回転方向とは逆に一瞬回る等のイニシャライズ動作無しに回転が開始されます。

回転速度自動制御には、デジタル PID が組み込まれ、16ビットの演算精度が確保されるように設計されています。回転センサ(ホール、エンコーダまたは、プリントコイル)信号をクロックで計測し、この値から回転速度を演算して、PID 制御を行います。

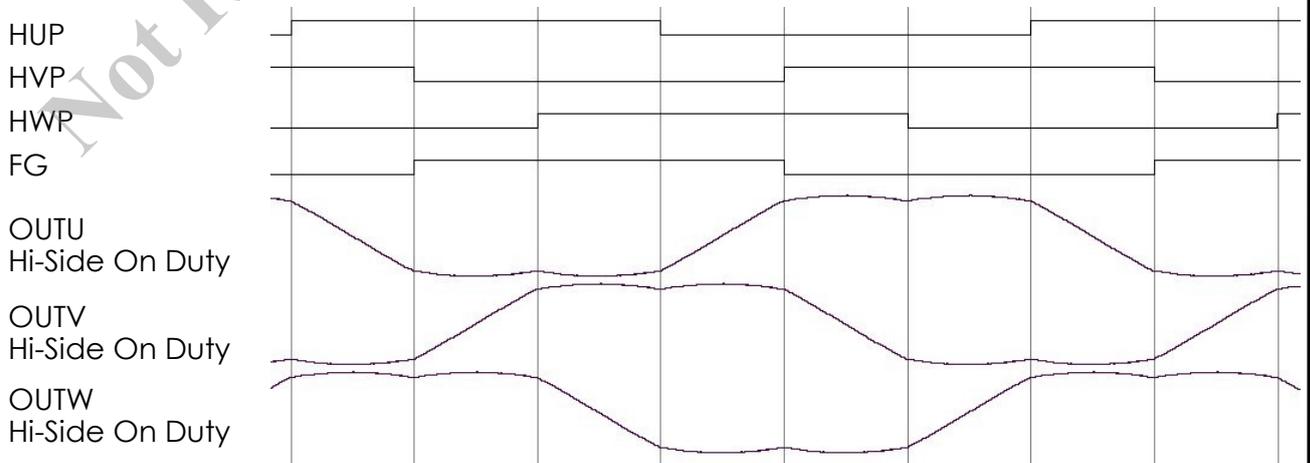
正弦波駆動では、ローター位置に対する最適励磁が重要となりますが、回転速度に比例する進角制御のほか固定進角、回転方向毎のオフセット調整が出来ます。

タイミングチャート

- 回転方向: CW、ホールセンサ形式: ホール IC、ホールセンサ極性: POS、
FG 端子出力: 電気角 360° 毎にパルス出力、CW 方向オフセット: 0、進角: 0



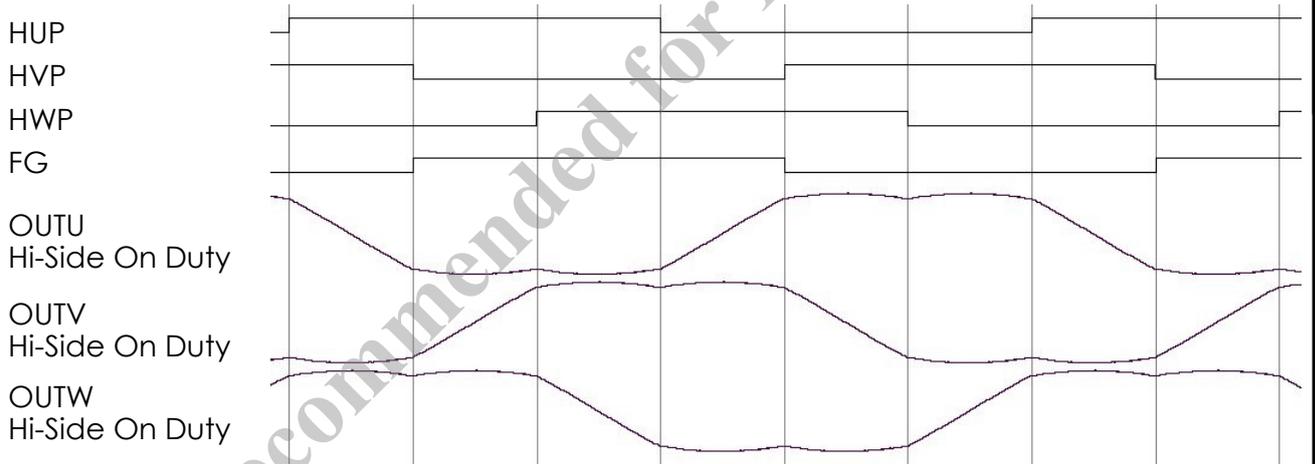
- 回転方向: CCW、ホールセンサ形式: ホール IC、ホールセンサ極性: POS、
FG 端子出力: 電気角 360° 毎にパルス出力、CCW 方向オフセット: 0、進角: 0



- 回転方向: CW、ホールセンサ形式: ホール IC、ホールセンサ極性: NEG、
FG 端子出力: 電気角 360° 毎にパルス出力、CW 方向オフセット: 0、進角: 0



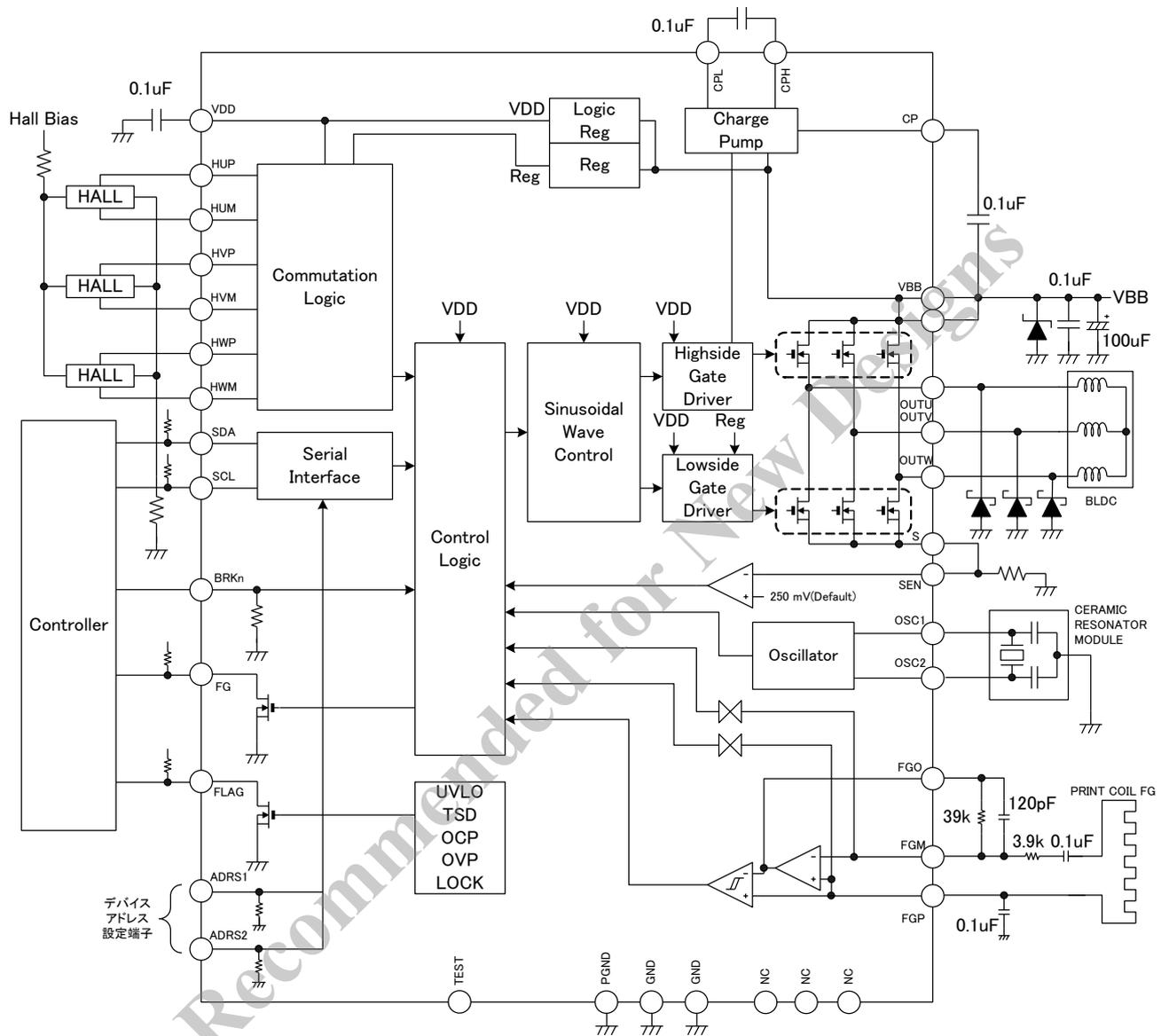
- 回転方向: CCW、ホールセンサ形式: ホール IC、ホールセンサ極性: NEG、
FG 端子出力: 電気角 360° 毎にパルス出力、CCW 方向オフセット: 0、進角: 0



Not Recommended for New Designs

7. 応用回路例

セラミック発振子、ホール素子、プリントコイル FG 使用時



外部クロック入力、ホール IC、エンコーダ使用時

